ingenieurgesellschaft mbH
PROJEKTGRUPPE FÜR GEOTECHNIK & UMWELT
Bauingenieure | Geologen | Baustoffprüfer

Geotechnik und Grundbau - Erd- und Asphaltprüfung - Hydrogeologische Bewertungen
Deponien und Altlasten - Rückbau- und Entsorgungskonzepte - Beweissicherung

Anerkannte RAP-Stra Prüfstelle

pgu ingenieurgesellschaft mbH
Bahnhofstraße 70
98617 Ritschenhausen
Tel 036949 / 411795
Fax 036949 / 411796

Büro Schweinfurt:
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel 09721 / 4748520
Fax 09721 / 4748524

GEOTECHNISCHER BERICHT
ERGÄNZUNG

Neubau der Henneberg Grundschule in der Seestraße in Bad Kissingen OT Garitz

Auftraggeber: Stadt Bad Kissingen
Rathausplatz 4
97688 Bad Kissingen

Projekt- Nr.: 240362-01

Bearbeiterin: M. Sc. L. Schierling

Dieser Bericht enthält: 29 Textseiten
5 Anlagen
3 Anhänge

Schweinfurt, 13.08.2024

Inhaltsverzeichnis

1 Veranlassung 3
2 Allgemeine Angaben 3
2.1 Erläuterung der Aufgabenstellung 3
2.2 Bearbeitungsunterlagen 4
3 Standortsituation 5
3.1 Vorhaben und Morphologie 5
3.2 Geologische und hydrologische Verhältnisse 5
4 Felduntersuchungen 6
5 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse 8
5.1 Baugrundschichtung und Schichteigenschaften 8
5.2 Erdstatische Kennwerte 15
5.3 Vorschlag zur Festlegung der Homogenbereiche 16
5.4 Grundwasserführung und Durchlässigkeit 16
6 Umwelttechnische Untersuchungen 17
6.1 Bewertung Asphaltbefestigung 17
6.2 Bewertung unsortierte Auffüllung (RKS 1) 17
6.3 Bewertung Gummibelag und Kunstrasen 17
7 Baugrundbeurteilung 18
7.1 Allgemeine Angaben 18
7.2 Empfehlungen zum Verkehrswegebau 18
7.2.1 Planum 18
7.2.2 Straßenoberbau 19
7.2.3 Bautechnische Hinweise zum Straßenbau 20
7.3 Empfehlungen zum Leitungsbau 21
7.3.1 Bewertung der Baugrundsituation 21
7.3.2 Herstellung offener Gräben und Baugruben 21
7.3.3 Rohrauflager und Grabenverfüllung 22
7.3.4 Bautechnische Hinweise zum Leitungsbau 24
7.4 Vordimensionierung Berliner Verbau 24
7.5 Hinweise zur Errichtung der Stützwände 25
7.5.1 Vorbemerkungen und allgemeine Baugrundeinschätzung 25
7.5.2 Neubau der Stützwände 25
7.5.3 Hinterfüllung und Drainage 26
7.5.4 Sonstige Hinweise 27
8 Schlussbemerkungen 28

Tabellen, Anlagen, Anhang 29

1 Veranlassung

Die Stadt Bad Kissingen beabsichtigt den Neubau der Henneberg Grundschule in der Seestraße in Bad Kissingen, OT Garitz. Für die weitere Bauplanung wurde die pgu ingenieurgesellschaft mbH mit einer Untersuchung der örtlichen Baugrundverhältnisse beauftragt. Zu dem Neubau der Grundschule liegt bereits ein Geotechnischer Bericht aus dem Jahr 2022 (Projektnummer pgu 220848-01) vor.

Mit der Verkehrsplanung ist das ingenieurbüro Hossfeld und Fischer aus Bad Kissingen betraut. Die Freiflächenplanung erfolgt durch das Büro Dietz und Partner aus Elfershausen.

Im Zuge der weiterführenden Planung zum Bauvorhaben waren ergänzend weitere Erkundungen erforderlich. Die Ergänzungsuntersuchung soll weitere Informationen zum Verkehrswegebau sowie zum Leitungsbau beinhalten. Zusätzlich sind abfalltechnische Untersuchungen an dem gebundenen Straßenoberbau sowie der mineralischen Auffüllungen durchzuführen.

2 Allgemeine Angaben

2.1 Erläuterung der Aufgabenstellung

Folgende Aussagen waren im Rahmen dieses Berichtes zu treffen:

- Beurteilung der geologisch-hydrologischen Standortsituation
- Lageplan der Aufschlusspunkte und Darstellung des Schichtenaufbaus in Form von Bohrprofilen
- Festlegen der Bodenkennwerte für den Untergrund
- Einordnung der Erdstoffe in Boden- und/oder Felsklassen/Homogenbereiche nach DIN 18300
- Bewertung der Frostempfindlichkeit und Tragfähigkeit des Untergrundes
- Hinweise zur Versickerungsfähigkeit des Untergrundes
- Hinweise zur bauzeitlichen Wasserhaltung und Baugrubensicherung
- Bewertung der umwelttechnischen Untersuchungen des geb. Straßenoberbaus sowie der Auffüllungen
- Hinweise zum Straßenbau sowie Leitungsbau

2.2 Bearbeitungsunterlagen

Folgende Unterlagen dienten als Bearbeitungshilfe:

[1] Lageplan des Baugrundstückes des geplanten Gebäudes, Stadt Bad Kissingen
[2] Übersichtsplan Freiflächengestaltung, M 1 : 500, Blatt-Nr. 5087_3.1.0, Datum 21.05.2024
[3] Freiflächengestaltung Sportplatz, M 1 : 500, Blatt-Nr. 5087_2.1.1b, Datum 05.12.2023
[4] Lageplan Verkehrsplanung - Vorplanung, M 1 : 250, Nr. 0352954xxx, Datum 05.12.2023
[5] Geologische Karte von Bayern Nr. 5826 (Blatt Bad Kissingen Süd), M 1 : 25.000
[6] Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, ZTV A-StB 12
[7] Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 17
[8] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen - RStO 12
[9] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pech-typischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01)
[10] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung (2021) (Ersatzbaustoffverordnung EBV)
[11] Karte der Frostzonen, Bundesanstalt für Straßenwesen, Ausgabe 2012
[12] Karte der Erdbebenzonen nach DIN 4149
[13] Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung AVV)
[14] geltende DIN-Normen

3 Standortsituation

3.1 Vorhaben und Morphologie

Das Baugrundstück liegt in der Seestraße in 97688 Bad Kissingen OT Garitz auf einem nach Südosten leicht abfallenden Hang. In nachstehendem Auszug der topografischen Karte ist der Baubereich in der Übersicht gekennzeichnet (Bild 1).



Bild 1: Lage des Baugrundstückes in Bad Kissingen OT Garitz

3.2 Geologische und hydrologische Verhältnisse

Der Baubereich befindet sich am südwestlichen Ortsrand von Bad Kissingen im Ortsteil Garitz. Der Untergrund wird nach der geologischen Karte im Planungsbereich von den Gesteinsformationen des Mittleren Buntsandsteins, speziell von den Gesteinen der Hardegsen-Folge und der Solling-Folge, aufgebaut.

Die Festgesteine setzen sich aus mittel- bis grobkörnigen, teils kieselig gebundenen Sandsteinen von braunroter und weißgrauer Färbung mit Ton-/Schluffsteinlagen (smHF) bzw. aus fein- bis mittelkörnigen, flasrig bis plattigen Sandsteinen mit weißgrauer - graugrünlicher und rotbrauner Färbung (smS) zusammen. Die Festgesteine werden von autochthonen Verwitterungsböden abgedeckt. Außerdem sind im Baubereich zum Teil mehrere Meter mächtige Lößlehmablagerungen anzutreffen. Im Bereich der Straße sowie des Sportplatzes sind zudem Auffüllungen über den gewachsenen Böden zu erwarten.

Der Baubereich liegt im Schutzbezirk des quantitativen Heilquellenschutzgebietes der staatlichen Heilquellen von Bad Kissingen und Bad Bocklet.

Die hydrologischen Verhältnisse sind durch die Standortmorphologie und den Verlauf der Vorflut bestimmt. Das Areal gehört zum Einzugsgebiet der Fränkischen Saale, die ihre Wässer im Stadtgebiet von Bad Kissingen von Nord nach Süd leitet. Die direkte Vorflut am Standort bildet der nördlich fließende Marbach, welcher in südöstlicher Richtung verläuft und im Ortskern von Bad Kissingen in die Fränkische Saale mündet.

Geschlossenes Grundwasser wird in dem tiefer liegenden Festgesteinskomplex erwartet. Der tiefere Festgesteinskomplex des Mittleren Buntsandsteins ist als Kluftgrundwasserleiter zu betrachten, d. h. in den Festgesteinen ist das Grundwasser an die Klüfte gebunden. Allgemein kann von einer mittleren - mäßigen Wasserdurchlässigkeit des Gebirges ausgegangen werden. Aufgrund der Lage im Bereich der Kissinger-Haßfurter Störungszone ist eine intensive Zerrüttung und damit eine erhöhte Wasserwegsamkeit im Gebirge zu erwarten.

4 Felduntersuchungen

Die Erkundung des Baugrundes erfolgte am 17.06.2024 bei trockener Witterung. Zur Erkundung des Baugrundes wurden insgesamt 8 Rammkernsondierungen (RKS) nach DIN EN ISO 22475-1 als direkte Aufschlüsse bis max. 7,00 m unter GOK ausgeführt. Ergänzend wurden zur Ermittlung der Lagerungsverhältnisse vier Schwere Rammsondierung (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 niedergebracht. Die Aufschlussansatzpunkte wurden durch die Planer vorgegeben und sind in der Anlage 1 enthalten. Nachstehende Tabelle fasst die durchgeführten Felduntersuchung zusammen.

Tabelle 1: Aufschlussansatzpunkte der Felduntersuchungen (UTM)

Aufschluss	Teufe unter GOK	Ostwert	Nordwert	Höhe (m ü. NHN)
RKS 1	3,00 m	575489.888	5560106.103	237.675
KB 1	15,5 cm	575476.304	5560099.471	237.921
RKS 2	7,00 m	575467.368	5560090.473	237.175
RKS 3 / DPH 2	7,00 m / 7,00 m	575502.996	5560037.531	239.788
RKS 4 / DPH 3	3,20 m / 3,60 m	575563.170	5559962.883	244.926
RKS 5 / DPH 1	7,00 m / 7,00 m	575452.726	5560046.008	238.042
RKS 6 / DPH 4	1,50 m / 2,60	575592.709	5559917.691	247.119
KB 2	13,5 cm	575598.129	5559917.826	247.336
RKS 7	1,10 m	575621.399	5559978.631	244.644
RKS 8	1,00 m	575619.946	5559987.442	244.742

Zur Auswertung der Untersuchungen wurde die DIN 4023 einschließlich der darin enthaltenen Sondersignaturen herangezogen. Die graphische Darstellung der Aufschlüsse in Form der Schichtenprofile der Rammkernsondierungen sowie Widerstandslinien der Schweren Rammsondierungen sind in der Anlage 2 enthalten.

Die ingenieurgeologische Ansprache der angetroffenen Schichten erfolgte auf der Grundlage der DIN EN ISO 14688-1. Aus den direkten Aufschlüssen wurden mehrere gestörte Bodenproben zur Handansprache und laborativen Untersuchung entnommen.

Auftragsgemäß wurden die Asphaltkerne des geb. Straßenoberbaus schichtenbezogen getrennt und laborativ untersucht. Weiterhin wurden die anthropogenen Auffüllungen aus der Bohrung der RKS 1 zur umwelttechnischen Untersuchung entnommen.

Zusätzlich wurden im Bereich des Sportplatzes Proben des Gummibelags der Laufbahn sowie des Kunstrasens entnommen.

Alle Laborproben wurden an das chemische Labor der BVU Analytik GmbH aus Markt Rettenbach übergeben und gemäß nachfolgendem Analyseumfang untersucht.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen

Probe Nr.	Aufschluss-Nr.	Probenart	Analytik und Bewertung
AMP 1	KB 1 - 2	Asphalt Deckschicht	RuVA StB 01/05
AMP 2	KB 1 - 2	Asphalt Tragschicht	RuVA StB 01/05
MP 1	RKS 1	Auffüllungen	EBV BM-0*
MP 2	-	Gummi schwarz	∑PAK
MP 3	-	Kunstrasen	∑PAK + Schwermetalle SM9

Die Analyseberichte des Labors sind dem Bericht als Anhang beigefügt.

5 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

5.1 Baugrundschichtung und Schichteigenschaften

Der allgemeine Schichtenaufbau wird auf der Grundlage der durchgeführten Baugrundaufschlüsse nachstehend beschrieben.

- **Schicht 1a: Oberflächenbefestigungen (Asphalt)**

Die Seestraße wurde mittels Rotationskernbohrungen an 2 Stellen geöffnet, um die Asphaltbefestigung zu entnehmen. Die Mächtigkeit des gebundenen Straßenoberbaus lag bei 13,5 - 15,5 cm. Die Bohrkerne waren zweischichtig (Deck- und Tragschicht) aufgebaut. Es wurden keine organoleptischen und sensorischen Auffälligkeiten bzgl. Aussehen und Geruch festgestellt.

Tabelle 3: Aufgeschlossene Asphaltmächtigkeiten im Untersuchungsbereich (Seestraße)

Aufschluss	Stärke	Bemerkungen
KB 1 (RKS 1)	15,5 cm	5 cm DS, 10,5 cm TS, sensorisch unauffällig
KB 2 (RKS 6)	13,5 cm	3 cm DS, 10,5 cm TS, sensorisch unauffällig

- **Schicht 1b: Oberflächenbefestigungen (Gummibelag, Kunstrasen)**

Im Bereich des Sportplatzes (RKS 7 und RKS 8) war als Oberflächenbefestigung der Laufbahn und des Sportplatzes ein Gummibelag sowie Kunstrasen vorhanden.



Bild 2+3: links - Gummibelag (Laufbahn) und rechts - Kunstrasen

- **Schicht 1c: Oberflächenabschluss Oberboden (angedeckt)**

Mit allen Aufschlüssen außer der RKS 8 wurde ein aufgefüllter Mutterboden aufgeschlossen. Dieser wurde als feinsandiger und schluffiger Boden mit humosen Bestandteilen (Bodengruppe [OU]/[OH] nach DIN 18196) angesprochen und wies Mächtigkeiten von 10 cm bis 30 cm auf. Der dunkelbraune Oberboden lag in einer weichen - steifen Konsistenz vor.

- **Schicht 2: Schottermaterial unter Kunstrasen**

In der RKS 8 war unter dem Kunstrasen ein Schottermaterial von etwa 30 cm vorhanden. In allen anderen RKS wurde keine Schottertragschicht angetroffen. Bei dem Schottermaterial handelt es sich um einen gering schluffigen, sandigen Fein- und Mittelkies mit grauer Färbung. Anhand des Bohrwiderstandes wird von einer mitteldichten Lagerung des Schottermaterials ausgegangen.

Tabelle 4: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 - Schottermaterial

Schichtbeschreibung	
Schichtbezeichnung (DIN EN ISO 14688-1):	Schotter
Bodengruppe (DIN 18196):	[GW], [GE], [GI]
Körnung/Kurzzeichen nach DIN 4023	G, s*, u / G, s, u‘
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	saGr, sasi‘Gr
Lagerung:	mitteldicht
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	groß - mittel
Zusammendrückbarkeit:	gering - mäßig
Verdichtungsfähigkeit:	gut - mittel
Erdbautechnische Eignung als	
Planum:	geeignet
Rohrauflager:	geeignet
Grabenverfüllung:	geeignet
Durchlässigkeit / Versickerung:	durchlässig / -
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09, VOB Teil C, alt):	K 3, K 5 (leicht, schwer lösbarer Boden)
Homogenbereich (DIN 18300:2015, VOB / Teil C)	B 1
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 1 (nicht (bis gering) frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 1
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127):	G 1 (- G 2)



Bild 2: Schotterschicht in der Bohrsonde der RKS 8

- **Schicht 3: Unsortierte Auffüllungen**

In der RKS 1 wurden anthropogene, unsortierte Auffüllungen aus Kies und Sand mit wechselnden Schluffgehalten angetroffen. Mit der Tiefe nahm der Schluffanteil stark zu. Die Auffüllungen waren überwiegend grau, braun bis rötlich gefärbt und reichten bis in Tiefen von zwischen ca. 3,00 m u. GOK. In der RKS 5 wurde ein leuchtend blauer, sandiger Bereich bei ca. 0,50 m Tiefe aufgeschlossen. In den Auffüllungen wurde Ziegelbruch sowie Betonbruch angetroffen.

Die Konsistenz wurde anhand des Bohrwiderstandes im ersten Bohrmeter als steif bis halbfest (bzw. die Lagerung als mitteldicht) beschrieben. Ab ca. 1,00 m Tiefe wies der Boden einen deutlich höheren Feinanteil auf und wurde als weich - steif bewertet.



Bild 4: unsortierte Auffüllung in der Sonde der RKS 1

Tabelle 5: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 3 - unsortierte Auffüllung

Schichtbeschreibung	
Schichtbezeichnung (DIN EN ISO 14688-1):	unsortierte Auffüllung
Bodengruppe (DIN 18196):	[GU*], [SU*], [GU], [SU], [UL]
Körnung/Kurzzeichen nach DIN 4023	S, u-u*, cl, g' / U, s*, cl', g' / U, cl, s / G, s, u
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	si*Sa, sisaGr, sigrSa, grSa, saGr, sacl*Si
Konsistenz:	weich - steif (halbfest)
Lagerungsdichte:	mitteldicht
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	gering - mittel
Zusammendrückbarkeit:	groß - gering
Verdichtungsfähigkeit:	mäßig - mittel
Erdbautechnische Eignung als	
Gründungshorizont:	-
Planum:	ungeeignet ohne verbessernde Maßnahmen
Rohrauflager:	bedingt geeignet (je nach Körnung, ggf. Verbesserung)
Grabenverfüllung:	nicht geeignet
Durchlässigkeit / Versickerung:	gering - hoch / Versickerung nicht zulässig
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09, VOB Teil C, alt):	K 3 - K 5 (leicht - schwer lösbarer Boden)
Homogenbereich (DIN 18300:2015, VOB / Teil C)	B 2
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 1 - F 3 (nicht - sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 1 - V 3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127):	G 1 - G 3

- **Schicht 4 - Decklehm (umgelagert)**

Mit allen Aufschlüssen wurden stark lehmige Auffüllungen angetroffen, die sich aus den ortständigen Böden, bestehend aus einem schwach kiesigen, tonigen Sand-Schluff-Gemisch mit überwiegend brauner Färbung, zusammensetzten. Bis in unterschiedlichste Tiefe waren geringe Mengen an anthropogenen Beimengungen wie z. B. Ziegelbruch vorhanden.

Die Auffüllungen reichten bis in wechselnde Tiefen zwischen etwa 0,70 m und 2,50 m unter GOK. Vermutlich wurden diese im Zuge von Geländeregulierungen aufgebracht. Die Konsistenz der Schicht wurde in den RKS per Handansprache mit weich bis steif bewertet.

Mit den Schweren Rammsondierungen wurden in diesem Horizont überwiegend Schlagzahlen N_{10H} zwischen 1 und 4 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe, lokal auch bis zu 8 Schläge pro 10 cm Tiefe, erzielt, was ebenfalls auf eine weiche - steife Konsistenz der Schicht hindeutet.

Tabelle 6: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 4 - Decklehme (aufgefüllt)

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe DIN 18196:	[SU*], [UL], [TL]
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	si*graSa, sagrSi. sisaGr
Konsistenz:	steif (- halbfest)
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	mittel - gering
Zusammendrückbarkeit:	mittel
Verdichtungsfähigkeit:	mäßig
Eignung als	
Planum:	bedingt geeignet (nach Stabilisierung)
Rohrauflager:	bedingt geeignet (nach Verbesserung)
Grabenverfüllung:	nicht geeignet - bedingt geeignet (nach Verbesserung)
Durchlässigkeit / Versickerung:	schwach durchlässig / ungeeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09, VOB Teil C, alt):	K 4 (mittelschwer lösbarer Boden)
Homogenbereich (DIN 18300:2015, VOB / Teil C)	B 2
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 2 - V 3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127):	G 2 - G 4



Bild 5: Decklehm (umgelagert) in der RKS 3

- **Schicht 5 - Lößlehm**

Als dritte Schicht wurde Lößlehm angetroffen, welcher zum Teil bis zur Endteufe von 7,00 m ansteht. Eine scharfe Abgrenzung zu den Auffüllungen bzw. Umlagerungen ist aufgrund der Gleichartigkeit nicht immer eindeutig möglich. Der hellbraune/ockerbraune Lehmboden stellt sich hauptsächlich als feinsandiger, schwach toniger Schluffboden bzw. stark schluffiger, toniger Sandboden dar. In der Feldansprache wurde bis in Tiefen von ca. 3,00 m eine weiche bis steife Konsistenz ermittelt, was auch die Schlagzahlen der DPHs von N_{10H} 2 - 7 belegen. Darunter wurden höhere Schlagzahlen von >10 Schlägen je 10 cm Sondiertiefe erreicht, sodass von einer steifen - halbfesten Konsistenz in größeren Tiefen auszugehen ist.

Tabelle 7: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 5 - Lößlehm

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe (DIN 18196):	SU*, UL, TL
Benennung (DIN EN ISO 14688-1):	fsaclSi
Konsistenz:	weich bis steif / steif bis halbfest
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	mittel bis gering
Zusammendrückbarkeit:	groß bis mittel
Verdichtungsfähigkeit:	schlecht bis mittel
Eignung als	
Planum:	ungeeignet
Rohrauflager:	bedingt geeignet bei mind. steifer Konsistenz (ggf. Verbesserung)
Grabenverfüllung:	nicht geeignet - bedingt geeignet (nach Verbesserung)
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09):	K 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten)
Homogenbereich (DIN 18300:2015, VOB / Teil C)	B 2
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 2 - V 3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127):	G 2 - G 4



Bild 6: Lößlehm bis 7,00 m Endtiefe in der RKS 5

- **Schicht 6 - Verwitterungsböden der Buntsandsteine**

Im nordwestlichen Baubereich Die autochthonen Verwitterungsböden der unterlagernden Festgesteine des Mittleren Buntsandsteins werden von schwach schluffigen Sandböden mit eingelagerten Sandsteinbruchstücken gebildet. Die Färbungen der sandigen Verwitterungsböden, die in den RKS 3 und RKS 4 sowie 6 - 8 angetroffen wurden, ist vorrangig rotviolett bis rotbraun. Die Konsistenz, bzw. Lagerungsdichte wurde als mindestens steif - halbfest, bzw. mitteldicht eingeschätzt, was die Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen von 5 - 22 auch bestätigen.

Ab Tiefen von 3,20 m (RKS 4) bis 1,00 m (RKS 8) konnte kein Bohrfortschritt mit den Rammkernsondierungen mehr erzielt werden. Die Schweren Rammsondierungen kamen in Tiefen von 3,60 m (DPH 3) und 2,60 m (DPH 4) zum Erliegen. Es ist hier mit einer dicht gelagerten Sandsteinlage oder dem Übergang zum Festgestein zu rechnen.

Tabelle 8: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 6 - Verwitterungsböden der Buntsandsteine

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe (DIN 18196):	SU*, SU, GU*, (UL)
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	clsaSi, si*grSa, sasiCl
Konsistenz / Lagerung:	steif - halbfest / mitteldicht
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	mäßig
Zusammendrückbarkeit:	mittel - gering
Verdichtungsfähigkeit:	mäßig - mittel
Eignung als	
Planum:	geeignet
Rohrauflager:	geeignet
Grabenverfüllung:	bedingt geeignet (ggf. Verbesserung)
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09):	K 4 - K 5 (mittelschwer bis schwer lösbarer Boden)
Homogenbereich (DIN 18300:2015, VOB / Teil C)	B 3
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 2 - V 3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127):	G 1 - G 3



Bild 7: Verwitterungsboden mit Sandsteinbruchstück (RKS 3)



Bild 8: sandiger Verwitterungsboden mit Sandsteinlagen (RKS 8)



Bild 9: sandiger Verwitterungsboden mit Sandsteinbruchstücken (RKS 6)

5.2 Erdstatische Kennwerte

Anhand der Felduntersuchungen werden für die bautechnisch relevanten Baugrundschichten die in nachstehender Tabelle dargestellten, charakteristischen Berechnungskennwerte festgelegt. Grundlage bilden hierfür die normativen Angaben der DIN 1055-2 und Erfahrungswerte.

Tabelle 9: Zusammenstellung der charakteristischen Boden-/Felskennwerte

Baugrundschicht	**Konsistenz / Lagerungs-dichte**	**Wichte, erdfeucht γ_k in kN/m³**	**Wichte u. Auftrieb γ'_k in kN/m³**	**Reibungs-winkel φ_k' in °**	**Kohäsion c_k' in kN/m²**	**Steifemo-dul $E_{s,k}$ [MN/m²]**
Schicht 2 - Schottermaterial	mitteldicht	20	10	30 - 32	0 - 3	10 - 30
Schicht 3 - unsort. Auffüllungen	steif	19	9	22,5 - 25	0 - 5	5 - 10
Schicht 4 - Decklehm (aufgefüllt)	weich - steif	18 - 19	8 - 9	25	2 - 6	6 - 12
Schicht 5 - Lößlehm	weich - halbfest	18 - 20	8 - 10	20 - 25	2 - 6	6 - 12
Schicht 6 - Verwitterungslehm	steif - halbfest / mitteldicht	20 - 21	10 - 11	27,5 - 30	5 - 15	15 - 30
Schicht 7 - Sandstein	VE - VA	22 - 24[1)]	12 - 14[1)]	30 - 35[1)]	10 - 30[1)]	30 - 100[1)]

1) abhängig von Verwitterungszustand

Diese Werte beschreiben die mechanischen Eigenschaften der anstehenden Böden im vorhandenen Lagerungs-/Plastizitätszustand sowie beim Fels in Abhängigkeit des Verwitterungsgrades. Die Werte für die Tragfähigkeit (Verformungsmodul) sowie für die Scherparameter sind als Erfahrungswerte zu betrachten. Die Bandbreite der Steifemoduln resultiert aus den wechselnden Konsistenzen innerhalb des Bodenhorizontes.

5.3 Vorschlag zur Festlegung der Homogenbereiche

Mit Einführung der DIN 18300:2019 sind Böden und Festgesteine bei der Ausschreibung der Erdarbeiten in Homogenbereiche einzuteilen. Hierbei beschreiben diese Homogenbereiche Böden und Felsschichten mit vergleichbaren bautechnischen Eigenschaften für die Erdarbeiten (EA) und Bohrarbeiten (BA) (vgl. Anlage 5).

Bei der Festlegung der Homogenbereiche sind die umwelttechnischen Einstufungen (Kapitel 6) ebenfalls zu berücksichtigen.

5.4 Grundwasserführung und Durchlässigkeit

Die Beurteilung der Grundwasserverhältnisse stützt sich auf die im Zuge der Baugrunderkundung abgeteuften direkten Aufschlüsse bis max. 7,00 m unter GOK. Mit keiner der Aufschlüsse wurde Grund- oder Schichtwasser angeschnitten. Grundwasser spielt bei der geplanten Baumaßnahme daher voraussichtlich keine Rolle.

Schichtwasser ist an Schichtgrenzen jedoch nicht gänzlich auszuschließen und sollte aus Sicherheitsgründen mit einkalkuliert werden. Versickerungsversuche waren nicht Auftragsbestandteil. Für die Untergrundschichten werden in nachstehender Tabelle Durchlässigkeitsbeiwerte auf der Grundlage von Erfahrungen und Literaturwerten angegeben.

Tabelle 10: Durchlässigkeitsbeiwerte

Baugrundschicht	**Durchlässigkeitsbeiwert k**	**Bewertung nach DIN 18130**
Schicht 2 - Schottermaterial	10^{-5} m/s und 10^{-3} m/s	durchlässig
Schicht 3 - unsort. Auffüllungen	10^{-8} m/s und 10^{-5} m/s	schwach durchlässig - durchlässig
Schicht 4 - Decklehm (aufgefüllt)	10^{-8} m/s und 10^{-6} m/s	schwach durchlässig
Schicht 5 - Lößlehm	10^{-8} m/s und 10^{-6} m/s	schwach durchlässig
Schicht 6 - Verwitterungslehm	10^{-8} m/s und 10^{-5} m/s	schwach durchlässig - durchlässig
Schicht 7 - Sandstein	10^{-7} m/s und 10^{-5} m/s	mittlere Gebirgsdurchlässigkeit[1)]

1) abhängig von Kluftweite und -ausbildung

Gemäß DWA-Arbeitsblatt A 138 kommen für Versickerungsanlagen Gesteine in Frage, deren k_f-Wert im Bereich von 1 x 10^{-3} bis 1 x 10^{-6} m/s liegen. Insgesamt setzt sich der natürliche Untergrund aus überwiegend schwach wasserdurchlässigen Böden zusammen, so dass eine Versickerung am Standort nicht möglich ist.

6 Umwelttechnische Untersuchungen

Die umwelttechnischen Bewertungen des anfallenden Bodens und Asphalts erfolgten stichprobenhaft anhand von Mischproben, die aus Einzelproben des Bohrgutes / der Bohrkerne hergestellt wurden. Die Deklarationen sind daher als Voruntersuchungen/Erstbewertungen zu betrachten. Für die beprobten Böden werden ggf. weitere Beprobungen und Analysen während der Baumaßnahme zur endgültigen Deklaration erforderlich.

6.1 Bewertung Asphaltbefestigung

Die beiden Asphaltkerne wurden schichtenbezogen getrennt und laborativ gemäß RuVA StB 01/05 untersucht (AMP 1 = Deckschicht KB 1 + KB 2, AMP 2 = Tragschicht KB 1 + KB 2).

Beide Asphaltproben wiesen keine erhöhten PAK-, Benzo[a]pyren- oder Phenolgehalte auf. Gemäß RuVA StB (2005) ist der Ausbauasphalt somit in die **Verwertungsklasse A** einzustufen (AVV 17 03 02).

6.2 Bewertung unsortierte Auffüllung (RKS 1)

Aus der RKS 1 wurden die unsortierten Auffüllungen entnommen (MP 1) und gemäß Ersatzbaustoffverordnung (2021) analysiert.

Aufgrund des PAK-Gehaltes von 8,91 mg/kg ist das untersuchte Auffüllungsmaterial in die **Materialklasse BM-F2** zuzuordnen. Eine Verwertung ist daher nur eingeschränkt möglich (vgl. Anlage 2, Tabelle 7 der EBV). Da das Bauareal in einem Heilquellenschutzgebiet liegt ist mit der zuständigen Umweltbehörde abzuklären, ob das Material Vorort wieder rückverfüllt werden kann (AVV 17 05 04) oder einer Entsorgung zuzuführen ist.

6.3 Bewertung Gummibelag und Kunstrasen

Die beiden Mischproben vom Sportplatz wurden auf ihren PAK-Gehalt und die Probe des Kunstrasens zusätzlich auf Schwermetallgehalte untersucht.

Der Gummibelag der Laufbahn (MP 2) wies einen PAK-Gehalt von 2,77 mg/kg auf. Die Probe des Kunstrasens wies einen PAK-Gehalt von 45,7 mg/kg auf. Die Schwermetallgehalte der MP 2 waren unauffällig.

Kunststoff- und Gummimaterial kann der AVV 19 12 04 zugeordnet werden.

7 Baugrundbeurteilung

7.1 Allgemeine Angaben

Die Baugrundaufschlüsse wurden auf dem geplanten Trassenverlauf und im Bereich des Sportplatzes angeordnet. In Auswertung der Erkundungen stehen auf der Ackerfläche bis mind. 1,00 m - 2,50 m u. GOK leicht- bis mittelplastische Decklehme mit weicher - steifer Konsistenz an. Unter den Decklehmen folgt tiefgründig weicher bis steifer Lößlehm, z. T. bis zur Endteufe von 7,00 m u. GOK. Zum Teil wurde unter dem Decklehm, bzw. Lößlehm der Verwitterungslehm der Buntsandsteine angetroffen. Im Bereich des Sportplatzes wurden die Verwitterungsböden oberflächennah angetroffen und die Bohrungen mussten vorzeitig aufgrund der Geräteauslastung abgebrochen werden.

Für den Straßenbau ist somit überwiegend von plastifizierten Lehmböden auszugehen. Für den Leitungsbau ist je nach Verlegetiefe der Leitungen mit weichen, plastifizierten Lehmen sowie den sandigen halbfesten/mitteldichten Verwitterungslehmen und auch mit dem Antreffen des Festgesteinskomplexes aus Sandsteinen zu rechnen.

Aus der Lage des Standortes in der Frosteinwirkungszone II ergibt sich eine frostfreie Mindesteinbindetiefe für Fundamente bzw. eine Überdeckung von Rohrleitungen > 1,00 m unter GOK.

Der Standort gehört entsprechend der Erdbebenzonenkarte der DIN 4149 (2005) zu der Zone 0, d. h. Einwirkungen durch Erdbeben müssen bei der statischen Berechnung nicht in Ansatz gebracht werden.

Der Standort liegt im Schutzbezirk des quantitativen Heilquellenschutzgebietes der staatlichen Heilquellen von Bad Kissingen und Bad Bocklet.

7.2 Empfehlungen zum Verkehrswegebau

7.2.1 Planum

Für das Planum ist gemäß RStO 12 ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45$ MPa dauerhaft erforderlich. In den plastifizierten Decklehmen und Lößlehmen wird die geforderte Tragfähigkeit bei weitem nicht zielsicher erreicht. In den Verwitterungslehmen ist die Tragfähigkeit stark von der bauzeitlichen Witterung abhängig. Die Lehmböden sind witterungs- und frostempfindlich (F 3). Zur Gewährleistung einer ausreichenden Tragfähigkeit sowie zur Schaffung einer zum Verdichten der Konstruktionsschichten des Straßenoberbaues geeigneten Auflage sollten Maßnahmen zur Untergrundverbesserung vorgesehen werden.

Es sollte ein Unterbau von mindestens 30 cm - 40 cm bestehend aus grob- bis gemischtkörnigem Boden (z.B. Vorsiebmaterial oder Mineralgemische 0/100 mm oder 0/150 mm) vorgesehen werden, um die geforderte Tragfähigkeit des Planums zielsicher zu erreichen. Die endgültigen Austauschstärken sind durch Probeschüttungen in Verbindung mit Tragfähigkeitsprüfungen nach DIN 18134-300 festzulegen. Für den Unterbau sollte ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ gefordert werden.

Alternativ zu o. a. Bodenaustausch kann generell auch eine Bindemittelverbesserung in Betracht gezogen werden. Die Lößlehmböden im Planum können mit einem hydraulischen Bindemittel im Baumischverfahren qualifiziert verbessert werden. Mit dieser Bodenbehandlung werden die Frost- und Tragfähigkeitseigenschaften des Untergrundes dauerhaft verbessert und eine gleichmäßige Unterlage für die Konstruktionsschichten geschaffen.

Bei einer Qualifizierten Bodenverbesserung sollte für die anstehenden, plastifizierten Böden eine Bindemittelmenge von ca. 3 bis 4 Masse-% (bezogen auf die Trockenmasse des Bodens) bei einer Frästiefe von mindestens 20 cm bis 30 cm verwendet werden. Dies entspricht etwa einer Ausstreumenge von 16 kg/m² bis 24 kg/m^2. Zur Homogenisierung des Boden - Bindemittel - Gemisches sind mindestens 2 Fräsgänge zu fahren. Die kohäsiven Böden sind außerdem vor dem Ausstreuen des Bindemittels durch mind. 2 Fräsgänge aufzulockern.

Im Vorfeld der Bodenbehandlungen ist eine Eignungsprüfung zur Ermittlung des nötigen Bindemittelanteils und des erforderlichen Wassergehaltes im Boden erforderlich.

Die hydraulisch gebundenen Schichten müssen die Anforderungen gemäß der ZTV E-StB erfüllen. Der ordnungsgemäße Einbau der mit hydraulischen Bindemitteln behandelten Böden ist durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu belegen.

In Heilquellenschutzgebieten gelten besondere Schutzmaßnahmen im Bezug auf das Grundwasser. Ist eine Bindemittelverbesserung zur Stabilisierung des Planums vorgesehen ist im Vorfeld die zuständige Umwelt-/Wasserbehörde (im vorliegenden Fall Wasserwirtschaftsamt Bad Kissingen) zu informieren und das Vorgehen sowie die Art des Bindemittels abzustimmen.

7.2.2 Straßenoberbau

Für die Belastungsklasse nach RStO ist für die Seestraße gemäß den übermittelten Informationen von den Belastungsklassen Bk 0,3 bis Bk 1,8 auszugehen. Das Planum kommt entsprechend den Erkundungsergebnissen vorwiegend in Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zum Liegen. Grundwasser spielt voraussichtlich keine Rolle, Schichtwasser ist jedoch nicht gänzlich auszuschließen und sollte berücksichtigt werden. Es ergibt sich demnach nachstehender Gesamtaufbau:

Tabelle 11: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues nach RStO 12

Belastungsklasse	**Bk 1,8**	**Bk 0,3**
Ausgangswert F 3 - Boden	60 cm	50 cm
Frostzone II	+ 5 cm	+ 5 cm
Keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm	± 0 cm
Grund- oder Schichtwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	+ 5 cm	+ 5 cm
Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m	± 0 cm	± 0 cm
Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen [1)]	- 5 cm	- 5 cm
Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues	60 cm	50 cm

[1)] Bei einer Entwässerung der Fahrbahn über Mulden und Gräben darf die Minderdicke nicht angesetzt werden.

Erfolgt die Stabilisierung des Planums zur Tragfähigkeitserhöhung durch einen Bodenaustausch (ca. 30 cm) nachweislich mit gemischtkörnigem Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (Schlämmkornanteil < 15%) oder durch eine Qualifizierte Bodenverbesserung, kann die o. g. Mindestdicke um 10 cm reduziert werden.

Der Straßenoberbau sollte nach Tafel 1 (Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F 2- und F 3-Untergrund/Unterbau) der RStO 12 festgelegt werden.

Frostschutzschichten sollten aus einem weitgestuften Schotter-Splitt-Sand-Gemisch mit einer Kornzusammensetzung von 0/45 bis 0/56 mm bestehen. Sie müssen so weit verdichtet werden, dass nach ZTV SoB-StB 20 ein Verformungsmodul E_{V2} von 120 MPa (Bk 3,2 - Bk 1,0) bzw. 100 MPa (Bk 0,3) an der Oberfläche nachgewiesen werden kann. Das Verhältnis E_{V2}/E_{V1} darf als Nachweis einer ausreichenden Verdichtung der Frostschutzschicht den Wert von 2,2 nicht überschreiten.

7.2.3 Bautechnische Hinweise zum Straßenbau

Die anstehenden Lehmböden sind als stark wasser- und bewegungsempfindlich einzustufen. Eine übermäßige mechanisch-dynamische Beanspruchung hat eine Reduzierung, bzw. Verschlechterung der für den ungestörten Zustand geltenden bodenmechanischen Kennwerte und Eigenschaften zur Folge.

Durch einen auf die Witterungsverhältnisse abgestimmten Baumaschineneinsatz ist auf die bodenmechanische Sensibilität des Untergrundes zu reagieren.

Die Baumaßnahmen sollten bei trockener Witterung ausgeführt werden. Während anhaltender Frostperioden und in Zeiten mit relativ hohem Niederschlagsgeschehen und geringer Verdunstung sollten die Erdarbeiten bei fein- und gemischtkörnigen Böden eingeschränkt werden.

Bei der Ausschreibung bzw. Kalkulation der Straßenbaumaßnahme kann auf der Grundlage der DIN 18300:2012-09 überwiegend von der Bodenklasse 4 ausgegangen werden.

Das Planum ist mit einem Quergefälle entsprechend den Regelungen der ZTV E-StB herzustellen. Es ist unverzüglich zu überbauen oder durch andere Schutzmaßnahmen gemäß ZTV E-StB vor Witterungseinflüssen zu schützen. Da sich der Untergrund vorwiegend aus schwach durchlässigen Böden nach DIN 18130 zusammensetzt, wird die Anordnung von Sickeranlagen zur Planumsentwässerung entsprechend den Empfehlungen der RAS-Ew empfohlen. Anfallendes Oberflächenwasser ist kontrolliert, z. B. über Rinnen, bzw. Abläufe und Rohrleitungen, abzuleiten.

7.3 Empfehlungen zum Leitungsbau

7.3.1 Bewertung der Baugrundsituation

Detaillierte Informationen zur Verlegetiefe/Bauweise der geplanten Leitungen lagen zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht vor. Je nach Verlegetiefe der Leitungen ist mit weichen, plastifizierten Lehmen sowie den sandigen halbfesten/mitteldichten Verwitterungslehmen und auch mit dem Antreffen des Festgesteinskomplexes zu rechnen.

7.3.2 Herstellung offener Gräben und Baugruben

Mit dem Grabenaushub sind somit Böden der Klassen 3 bis 5 nach DIN 18300 auszuheben. Auch ein Antreffen von Sandstein der Klassen K 6 und K 7 sind bei tieferen Einschnitten bzw. Abgrabungen möglich (vgl. Schichtenprofile RKS 6 bis RKS 8). Hierfür sollte dann eine Felsfräse, bzw. ein Felsmeißel vorgehalten werden.

Die Grabenbreite ist so zu bemessen, dass ein fachgerechter und sicherer Einbau der Rohrleitungen möglich ist. Die Mindestgrabenbreite sollte einen ausreichenden Arbeitsraum gewährleisten und muss den gesetzlichen Unfallverhütungsvorschriften genügen. Die Grabenbreite ist nach den Vorgaben der DIN EN 1610 abhängig von der Nennweite und der Grabentiefe festzulegen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Leitungen in offener Bauweise verlegt werden. Bei Grabentiefen bis 1,25 m Tiefe darf senkrecht abgeschachtet werden. In den Auffüllungen und weichen Lehmböden dürfen die Gräben bis 1,75 m senkrecht abgeschachtet werden, wenn der mehr als 1,25 m über Grabensohle liegende Bereich unter einem Winkel von max. 45° abgeböscht wird. Bei tieferen Gräben und Baugruben sind in mindestens steifen Lehmböden Winkel von 60° und im Festgestein von 80° zulässig.

Bei der Grabenherstellung ist ein lastfreier Schutzstreifen einzuhalten. Bei Baufahrzeugen bis 12 t beträgt die Breite des Schutzstreifens 1 m, bei Baumaschinen über 12 t bis 40 t Gesamtgewicht beträgt die Breite 2 m bis zur Böschungskante.

Es wird zur Begrenzung der Aushubmassen und aufgrund der zum Teil beengten Verhältnisse im Ort empfohlen, eine Grabensicherung mit Hilfe von Grabenverbaugeräten herzustellen. Die Empfehlungen der DIN 4124 sind hierbei zu berücksichtigen. Aufgrund der umliegenden Ortsbebauung nördlich der Seestraße sollte die Grabensicherung mit Hilfe von Verbauelementen im Absenkverfahren erfolgen.

Es muss in jeder Bauphase gewährleistet sein, dass die Verbauwände unmittelbar an den Erdwänden anliegen und Setzungen im Boden weitgehend vermieden werden. Die Verbaugeräte sind lückenlos aneinanderzureihen. Die Wandsicherung mit Verbaugeräten muss bis zur Grabensohle reichen. Die Stirnwände der Gräben sind durch einen Verbau zu sichern oder abzuböschen (Neigung max. 45°).

Beim Rückbau des Verbaues in Verbindung mit der Grabenverfüllung ist zu beachten, dass nur Verbaugeräte oder Teile davon zurückgebaut werden dürfen, soweit sie durch die Verfüllung entbehrlich geworden sind.

7.3.3 Rohrauflager und Grabenverfüllung

Im mindestens mitteldicht gelagerten, bzw. steifen - halbfesten Verwitterungsböden sind keine Untergrundverbesserungen notwendig. Für den offenen Einbau in den weichen, kiesarmen, lehmig ausgebildeten Böden (Decklehme, Lößlehme) werden Untergrundstabilisierungen nötig. Es sollte daher anteilig ein Bodenaustausch durch einen verdichtungsfähigen, grob- bis gemischtkörnigen Boden 0/100 mm von ca. 20 cm - 30 cm vorgesehen werden.

Es wird empfohlen, eine untere Bettungsschicht aus verdichtungsfähigem Material (Sand, Kies-Sand oder Brechsand-Splitt) mit einer Mindestdicke von 100 mm (150 mm im Fels, falls Fels angeschnitten wird) vorzusehen (Bettung Typ 1 nach DIN EN 1610). Die Rohrleitungen müssen gleichmäßig über die ganze Rohrschaftlänge aufliegen.

Das Auflager muss so verdichtet werden, dass entsprechend den Vorschriften der ZTV E-StB ein Verdichtungsgrad von D_{Pr} > 97 % erreicht wird. An den Verfüllboden im Bereich der Leitungszone werden die gleichen Verdichtungsanforderungen gestellt.

Als Verfüllboden im Bereich der Leitungszone ist abgestufter, grobkörniger Boden zu verwenden. Der Einbau des Verfüllbodens hat lagenweise zu erfolgen, wobei Schütthöhen von ca. 20 cm bis 30 cm im Leitungszonenbereich empfohlen werden.

Aufgrund der umgebenden teilweise feinkörnigen Bodenschichten ist zur Sicherstellung der Filterstabilität ein Geotextil vorzusehen.

Für die Hauptverfüllung mit Lieferböden aus grob- bis gemischtkörnigen Böden sind nach ZTV E-StB nachstehende Verdichtungswerte nachzuweisen:

- D_{Pr} ≥ 98 % OK Leitungszone bis 0,50 m unter OK Planum
- D_{Pr} ≥ 100 % Planum bis 0,50 m Tiefe

Das Verdichten darf in der Leitungszone und im Bereich bis 1 m über Rohrscheitel nur mit leichtem Verdichtungsgerät und darüber mit mittelschwerem Verdichtungsgerät ausgeführt werden. Es ist zu gewährleisten, dass die Rohrleitung durch den Verdichtungsvorgang nicht in ihrer Lage verschoben oder gar beschädigt wird.

Die kiesig-sandigen Verwitterungsböden können für die Hauptverfüllung voraussichtlich wiederverwendet werden. Die unsortierten Auffüllungen sind aus umwelttechnischer Sicht voraussichtlich nicht geeignet.

Bei einer Wiederverwendung von stark lehmigen Bodenschichten ist generell von einem stark erhöhten Einbau- und Verdichtungsaufwand auszugehen. Die stark kohäsiven Erdstoffe sollten in Schütt- / Einbaulagen von max. 20 cm bis 30 cm eingebaut werden.

Im Vorfeld sollte eine Eignungsprüfung zur Festlegung der Einbaubedingungen (erforderlicher Wassergehalt, Verdichtungsübergänge etc.) anhand eines Probefeldbaues durchgeführt werden. Ggf. vorhandene große Steine in den Auffüllungen oder dem Verwitterungsboden sind auszusortieren/zu zerkleinern. Es wird empfohlen, die Erdstoffe vor dem Wiedereinbau aufzubereiten (bspw. mittels Separator).

Für eine qualifizierte und fachgerechte Verdichtung sind vorzugsweise Verdichtungsgeräte mit Schaffußbandage (Grabenwalzen) zu verwenden. Erfahrungsgemäß sollte von mindestens 5 bis 7 Verdichtungsübergängen ausgegangen werden. Dies ist bei der Ausschreibung der Erdarbeiten unbedingt zu berücksichtigen.

Bei der Verwendung der Lieferböden ist unbedingt zu beachten, dass das Bauareal in einem Heilquellenschutzgebiet liegt. Es sollten daher nur unbelastete Materialien verwendet werden. Ggf. ist dies mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

7.3.4 Bautechnische Hinweise zum Leitungsbau

Mit dem Leitungsgraben wird kein Grundwasser angeschnitten. Witterungsbedingte Sicker-/Schichtwasserzutritte sind jedoch nicht auszuschließen. Die anfallende Wassermenge ist vom Ausführungszeitraum und den Witterungsverhältnissen während der Bauarbeiten abhängig. Genaue Aussagen zur anfallenden Wassermenge können anhand der Aufschlussergebnisse nicht getroffen werden.

Der offene Graben ist ständig wasserfrei zu halten, um das Ausrichten der Rohrleitungen, insbesondere den fachgerechten Einbau der Bettung, Seitenverfüllung und Abdeckung zu ermöglichen. Zur Fassung und Ableitung von zutretendem Grund- und Niederschlagswasser sollte eine offene Wasserhaltung mit horizontalen Fassungen (Drängraben) und Pumpensumpf vorgesehen werden.

Um Längsläufigkeiten von Sicker-/Schichtwasser in der Leitungszone zu vermeiden, wird empfohlen, die Leitungsgräben in regelmäßigen Abständen mit Sperrriegeln aus Beton oder bindigem Material zu versehen.

7.4 Vordimensionierung Berliner Verbau

Aus Platzgründen ist an zwei Stellen ein Berliner Verbau anstatt einer Baugrubenböschung vorgesehen. Zum einen soll ein Verbau an der Seestraße im Bereich der Feuerwehraufstellfläche (RKS 6), zum anderen neben dem Kastanienbaum im Bereich des Allwetterplatzes (RKS 5) errichtet werden.

Der Verbau neben dem Allwetterplatz muss nach Angaben des Planers aus technischen Gründen im Boden verbleiben und kann nicht wieder rückgebaut werden.

Die Vordimensionierung des Verbaus an der Straße ist diesem Bericht in der Anlage 3 beigefügt. Hierbei wurde eine Verkehrslast von 33,3 kN/m² angesetzt, da die Straße als Baustraße genutzt wird.

Der Vorbemessung des Verbaus südwestlich des Neubaus, am Baumhain, liegt in der Anlage 4 bei. Da auf dem Baustelleneinrichtungsplan ein Vermerk zur „Lagerfläche Kran“ angegeben ist, wurde in etwa 2,00 m Abstand zur Baugrube eine Flächenlast von 10 kN/m² für die Berechnung mit einbezogen. Sofern die tatsächliche Last bekannt ist, ist die Berechnung ggf. zu modifizieren.

7.5 Hinweise zur Errichtung der Stützwände

7.5.1 Vorbemerkungen und allgemeine Baugrundeinschätzung

Gemäß dem übermittelten Freiflächengestaltungsplan sollen mehrere Stützwände errichtet werden. Eine Stützwand soll östlich neben dem Sportplatz, andere im Bereich des geplanten Gebäudeneubaus auf der bisherigen Ackerfläche südlich der Seestraße errichtet werden.

In Auswertung der Baugrundaufschlüsse stehen im Bereich des Sportplatzes sowie im nordöstlichen Baubereich der Ackerfläche die gut tragfähigen Verwitterungs-/Zersatzböden des unterlagernden Buntsandsteins an. Im südwestlichen Bereich des Gebäudeneubaus wurden jedoch mehrere Meter mächtige Lößlehme erkundet, die eine geringe Tragfähigkeit aufweisen.

Geschlossenes Grundwasser ist erst in den tieferen Festgesteinen zu erwarten und spielt bei der geplanten Baumaßnahme voraussichtlich keine Rolle. Witterungsabhängig kann jedoch Schichtwasser auftreten.

Subrosionserscheinungen sind im Untersuchungsgebiet nicht bekannt, das Gefährdungspotential wird daher als sehr gering eingeschätzt.

7.5.2 Neubau der Stützwände

Gemäß den übermittelten Informationen sind überwiegend Winkelstützwände vorgesehen. Die Gründungen sollten über ein Streifenfundament mit frostsicherer Einbindung (mindestens 1,00 m; Frostzone II) erfolgen.

Für die erdstatischen Nachweise für die Grenzzustände GZ 1B und GZ 2 (ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch und bauwerksverträgliche Setzungen) dürfen ersatzweise die Bemessungswerte der Sohldruckbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ den Bemessungswerten des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ gegenübergestellt werden (Vereinfachte Nachweisführung).

Voraussetzung ist hierbei, dass die Fundamente nicht regelmäßig oder überwiegend dynamisch beansprucht werden und die Neigung der charakteristischen Beanspruchung $vH_k/V_k \leq 0{,}20$ beträgt. Außerdem muss die zulässige Lage der Sohldruckresultierenden und der Nachweis gegen Kippen eingehalten sein. Der Nachweis einer ausreichenden Grundbruchsicherheit darf als erbracht betrachtet werden, wenn die Bedingung $\sigma_{E,d} \leq \sigma_{R,d}$ erfüllt ist.

Für eine Gründung der Stützwände im steifen - halbfesten / mitteldicht gelagerten Verwitterungsboden kann ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von **$\sigma_{R,d}$ = 320 kN/m² (≈ aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{zul.}$= 230 kN/m²)** nach DIN 1054 in Ansatz gebracht werden.

Im Bereich der geplanten Errichtung des Allwetterplatzes stehen die **weichen - steifen Lößlehme** mehrerer Meter Mächtigkeit an. Hier werden **Untergrundstabilisierungen** unter der Winkelstützwand erforderlich. Der Unterbau unter dem Streifenfundament ist mit einem kornabgestuften Mineralgemisch (Körnung 0/56 mm) auszuführen. Als erste Lage sollte zudem aufgrund der weichen Konsistenzen des Lößlehms ca. 30 cm Kleinfels/Grobschotter (Körnung 0/100 mm, oder 0/150 mm) statisch eingedrückt werden. Darüber folgt dann die Schotterertragschicht aus Mineralgemisch von mind. 30 cm. Zur Wahrung der Filterstabilität ist unter dem Schottermaterial ein Filtervlies erforderlich. Auf dem Schotterpolster kann dann die Winkelstützwand abgesetzt werden.

Für eine Gründung der Stützwand in den stabilisierten, plastifizierten Lehmböden kann dann ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von **$\sigma_{R,d}$ = 200 kN/m² (≈ aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{zul.}$= 142 kN/m²)** nach DIN 1054 in Ansatz gebracht werden.

Für die Errichtung und Bemessung der Winkelstützwände sind die Herstellerangaben für den Einbau der Winkelelemente zu berücksichtigen.

Es wird wegen der teils weichen Lehme zu einem abschnittsweisen Vorgehen für den Neuaufbau geraten. Im Rahmen der anzusetzenden Lasten zur Dimensionierung des neuen Stützbauwerkes sind der aktive Erddruck, ggf. der Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085 sowie Gebäude und Verkehrslasten zu berücksichtigen.

7.5.3 Hinterfüllung und Drainage

Für die dauerhafte Stabilität des Stützwandbaues ist eine ausreichende Drainage im Hinterfüllbereich essentiell. Hinter den Winkelelementen sollte eine Dränageleitung am Wandfuß angeordnet werden, die anfallendes Hang- und Schichtwasser kontrolliert abführt. Die Hinterfüllung des Bauwerkes ist nach den Vorgaben die ZTV E-StB **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** bzw. der Vorschrift Was 7 auszuführen. Für den Entwässerungsbereich unmittelbar hinter dem Bauwerk bis ca. 1 m sind ausschließlich grobkörnige Lieferböden gemäß DIN 18196 zu verwenden.

Für den übrigen Hinterfüllbereich sollten grobkörnige Böden (Bodengruppen nach DIN 18196: GW, SI, SE, GW, GI, GE) und gemischtkörnige Böden (Bodengruppen nach DIN 18196: SU, ST, GU, GT) oder Gemische aus gebrochenem Gestein 0/100 (Schlämmkornanteil max. 15%) verwendet werden.

Die weichen bis steifen Lehmböden können nur in Verbindung mit Aufbereitungsmaßnahmen durch Zugabe hydraulischer Bindemittel zur Hinterfüllung dienen. Hierfür ist der Einsatz eines Separators zu empfehlen.

Je nach Kornzusammensetzung bzw. Feinkornanteil sowie der bauzeitlichen Witterung sollte eine Zugabe hydraulischer Bindemittel zur Verbesserung der Einbau-/Verdichtungseigenschaften in Betracht gezogen werden. Größere Steine und Blöcke sind vor Wiedereinbau auszusortieren oder entsprechend zu zerkleinern.

Da die ortständigen Böden zum Teil einen höheren Schlämmkornanteil aufweisen können, sollten die verlehmten Partien separiert und außerhalb der Bauwerkshinterfüllung verwertet werden. Anderenfalls sind die verlehmten Partien mit den steinigen Böden mittels Separator zu mischen und wieder einzubauen.

Bei einer Wiederverwendung der ortsständigen Böden ist von einem erhöhten Einbau- und Verdichtungsaufwand auszugehen. Der Einbau sollte in Schütt-/Einbaulagen von max. 20 cm bis 30 cm erfolgen. Für eine qualifizierte und fachgerechte Verdichtung sind vorzugsweise Verdichtungsgeräte mit Schaffußbandage und ausreichenden Arbeitsgewicht zu verwenden. Erfahrungsgemäß sollte von mindestens 5 bis 7 Verdichtungsübergängen ausgegangen werden. Dies ist bei der Ausschreibung der Erdarbeiten entsprechend zu berücksichtigen.

Im Vorfeld des qualifizierten Erdbaus sind entsprechende Eignungsprüfungen zur Festlegung der Einbaubedingungen/-parameter (wie z. B. erforderlicher Wassergehalt, Einbaustärke, Verdichtungsübergänge, Bindemittelzugabe etc.) durchzuführen.

Freie Baugrubenböschungen dürfen in den Auffüllungen sowie natürlichen weichen Lößlehmen nach DIN 4124 bis zu einer Tiefe von 5 m unter GOK ohne rechnerischen Nachweis nur mit einem Winkel von maximal 45° ausgebildet werden. Bei der Baugrubenherstellung ist ein lastfreier Schutzstreifen einzuhalten. Bei Baufahrzeugen bis 12 t beträgt die Breite des Schutzstreifens 1 m, bei Baumaschinen über 12 t bis 40 t Gesamtgewicht beträgt die Breite 2 m bis zur Böschungskante. Die Böschungsflächen sind vor Witterungseinflüssen zu schützen und mit geeigneten Geotextilien abzudecken.

7.5.4 Sonstige Hinweise

Im Vorfeld der Arbeiten an der Böschung ist das Roden des vorhandenen Bewuchses sowie der Abtrag der Oberbodenabdeckung einschließlich der Vegetationsdecke erforderlich.

Der Oberboden ist fachgerecht in Mieten aufzusetzen und zwischenzulagern, sofern der Einbau nicht direkt an anderer Stelle erfolgt. Für die Zwischenlagerfläche ist darauf zu achten, dass diese wasserdurchlässig ist und sich keine Staunässe bildet. Für die Errichtung einer

Zwischenlagerfläche ist generell ein Mineralgemisch auf einem Geotextil als Untergrund zu empfehlen.

8 Schlussbemerkungen

Vor Beginn der Bauarbeiten ist eine Zustandserfassung aller an den Baubereich angrenzenden baulichen Anlagen im Rahmen eines Beweissicherungsverfahrens vorzunehmen.

Der vorliegende Geotechnische Bericht beinhaltet eine Zusammenfassung der Erkundungsergebnisse mit den sich daraus abzuleitenden bautechnischen Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die durchgeführten Feldarbeiten in ihrem Umfang nur eine punktuelle Erkundung der Baugrundverhältnisse darstellen. Abweichungen zu dem beschriebenen Schichtenaufbau und den Schichtmächtigkeiten können daher nicht ausgeschlossen werden.

Die Angaben und Empfehlungen in diesem Bericht sind ergänzend zu den gründungstechnischen Hinweisen des ursprünglichen Geotechnischen Berichtes (220848-01) zu verwenden und sind lediglich als Erweiterungen der ursprünglichen Empfehlungen zu betrachten.

Dieser ergänzende Geotechnische Bericht ist in Kombination mit dem vorherigen Geotechnischen Bericht ausschließlich für das Vorhaben „Neubau der Henneberg Grundschule in der Seestraße in 97688 Bad Kissingen“ zu verwenden.

Mit freundlichen Grüßen,

Dipl.-Ing. Th. Lüftner
Geschäftsführer

M. Sc. L. Schierling
Bearbeiterin

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufschlussansatzpunkte der Felduntersuchungen (UTM)
Tabelle 2: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen
Tabelle 3: Aufgeschlossene Asphaltmächtigkeiten im Untersuchungsbereich (Seestraße)
Tabelle 4: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 - Schottermaterial
Tabelle 5: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 3 - unsortierte Auffüllung
Tabelle 6: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 4 - Decklehme (aufgefüllt)
Tabelle 7: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 5 - Lößlehm
Tabelle 8: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 6 - Verwitterungsböden der Buntsandsteine
Tabelle 9: Zusammenstellung der charakteristischen Boden-/Felskennwerte
Tabelle 10: Durchlässigkeitsbeiwerte
Tabelle 11: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues nach RStO 12

Anlagen

1 Lageplan mit Darstellung der Aufschlusspunkte, unmaßstäblich
2 Schichtenprofile und Rammdiagramm zu den Baugrundaufschlüssen
3 Vordimensionierung Berliner Verbau Straße
4 Vordimensionierung Berliner Verbau Baum
5 Homogenbereiche nach DIN 18300 & 18301

Anhänge

1 Prüfberichte Nr. 582/7118 & 582/7119 (AMP 1 und 2) - BVU Analytik GmbH
2 Prüfberichte Nr. 582/7120 (MP 1, Auffüllung) - BVU Analytik GmbH
3 Prüfberichte Nr. 582/7121 & 582/7122(-2) (MP 2 und 3, Gummi/Kunstrasen) - BVU GmbH

pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel. 09721 / 4748520

Henneberg Grundschule
Seestraße, 97688 Bad Kissingen
Geotechnischer Bericht - Ergänzung

Projekt Nr.:	240362-01
Datum:	17.06.2024
Anlage Nr.:	1

Lageplan mit Darstellung der Aufschlusspunkte, unmaßstäblich



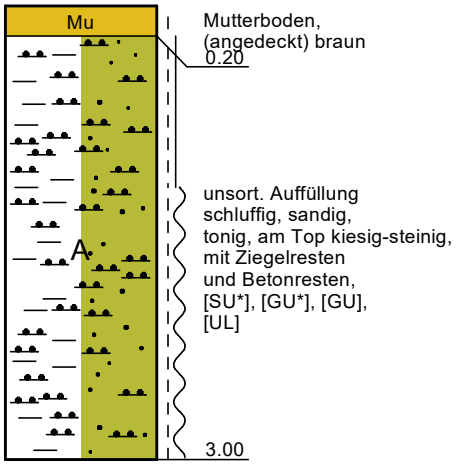
pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel. 09721 / 4748520

Henneberg Grundschule
Seestraße in 97688 Bad Kissingen
Geotechnischer Bericht Ergänzung

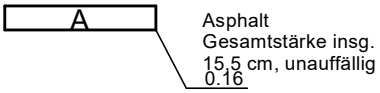
Projekt Nr.:	240362-01
Datum:	17.06.2024
Anlage Nr.:	2.1

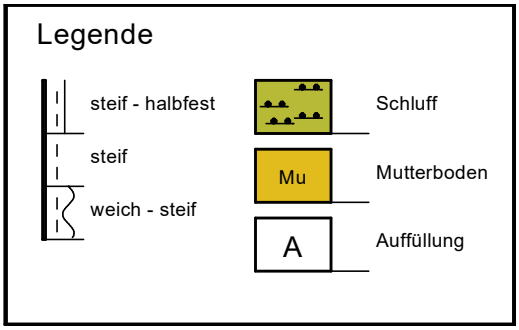
Schichtenprofile nach DIN 4023 M 1 : 50

RKS 1



KB 1





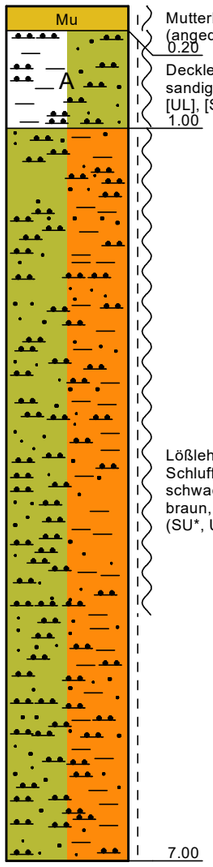
pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel. 09721 / 4748520

Henneberg Grundschule
Seestraße in 97688 Bad Kissingen
Geotechnischer Bericht Ergänzung

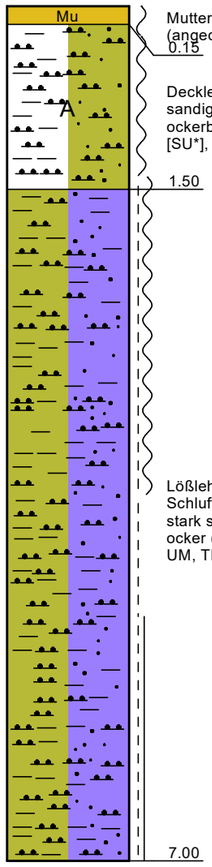
Projekt Nr.: 240362-01
Datum: 17.06.2024
Anlage Nr.: 2.2

Schichtenprofile nach DIN 4023, M 1 : 50

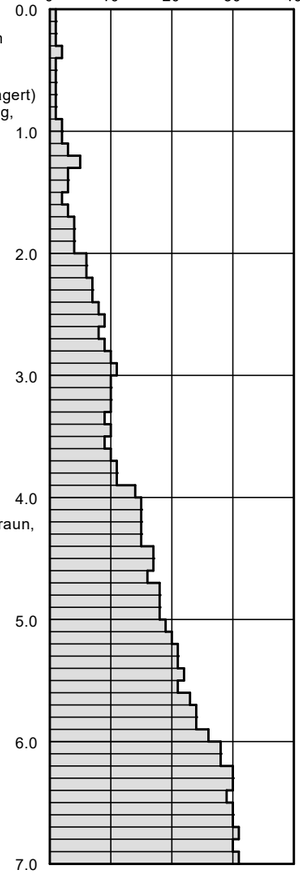
RKS 2



RKS 5

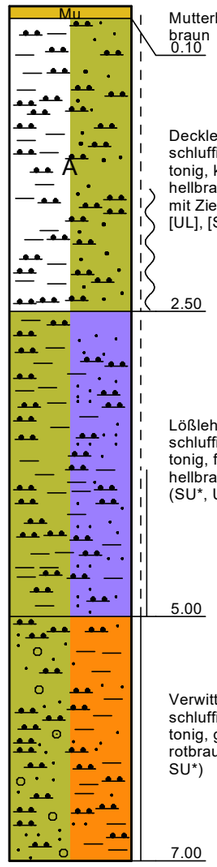


DPH 1

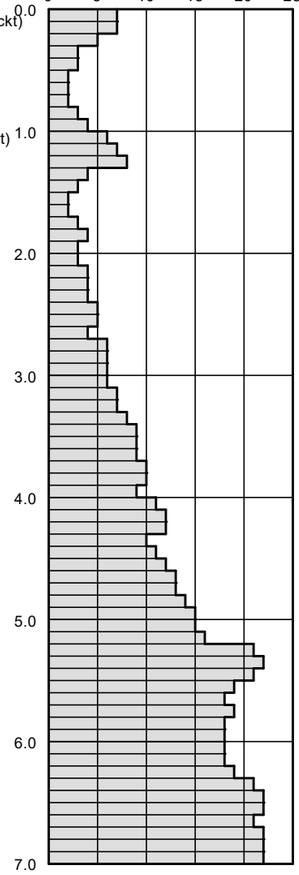


Tiefe [m]	N_{10}	Tiefe [m]	N_{10}
0.10	1	4.60	17
0.20	1	4.70	16
0.30	1	4.80	18
0.40	2	4.90	18
0.50	1	5.00	18
0.60	1	5.10	19
0.70	1	5.20	20
0.80	1	5.30	21
0.90	1	5.40	21
1.00	2	5.50	22
1.10	2	5.60	21
1.20	3	5.70	23
1.30	5	5.80	24
1.40	3	5.90	24
1.50	3	6.00	26
1.60	2	6.10	28
1.70	3	6.20	28
1.80	4	6.30	30
1.90	4	6.40	30
2.00	4	6.50	29
2.10	6	6.60	30
2.20	6	6.70	30
2.30	7	6.80	31
2.40	7	6.90	30
2.50	8	7.00	31
2.60	9		
2.70	8		
2.80	9		
2.90	10		
3.00	11		
3.10	10		
3.20	10		
3.30	10		
3.40	9		
3.50	10		
3.60	9		
3.70	10		
3.80	11		
3.90	11		
4.00	14		
4.10	15		
4.20	15		
4.30	15		
4.40	15		
4.50	17		

RKS 3

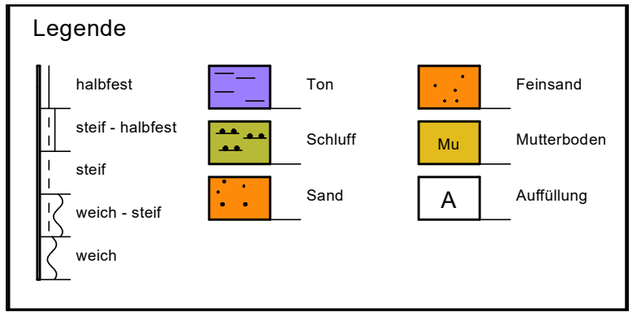


DPH 2



Tiefe [m]	N_{10}	Tiefe [m]	N_{10}
0.10	7	4.60	12
0.20	7	4.70	13
0.30	5	4.80	13
0.40	3	4.90	14
0.50	3	5.00	15
0.60	2	5.10	15
0.70	2	5.20	16
0.80	2	5.30	21
0.90	3	5.40	22
1.00	4	5.50	21
1.10	6	5.60	19
1.20	7	5.70	18
1.30	8	5.80	19
1.40	4	5.90	18
1.50	3	6.00	18
1.60	2	6.10	18
1.70	2	6.20	18
1.80	3	6.30	19
1.90	4	6.40	21
2.00	3	6.50	22
2.10	3	6.60	22
2.20	4	6.70	21
2.30	4	6.80	22
2.40	4	6.90	22
2.50	5	7.00	22
2.60	5		
2.70	4		
2.80	6		
2.90	6		
3.00	6		
3.10	6		
3.20	7		
3.30	7		
3.40	8		
3.50	9		
3.60	9		
3.70	9		
3.80	10		
3.90	10		
4.00	9		
4.10	11		
4.20	12		
4.30	12		
4.40	10		
4.50	11		

Legende



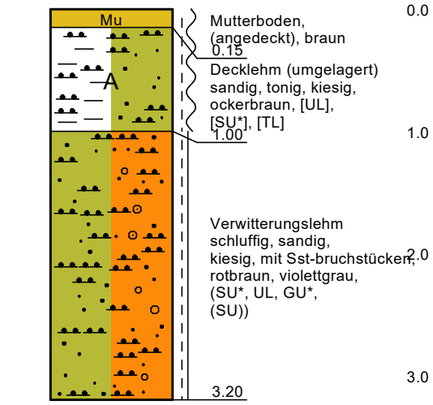
pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel. 09721 / 4748520

Henneberg Grundschule
Seestraße in 97688 Bad Kissingen
Geotechnischer Bericht Ergänzung

Projekt Nr.: 240362-01
Datum: 17.06.2024
Anlage Nr.: 2.3

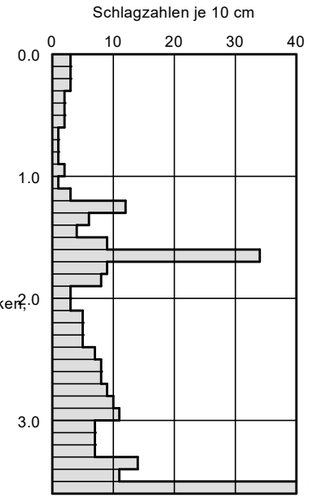
Schichtenprofile nach DIN 4023, M 1 : 50

RKS 4



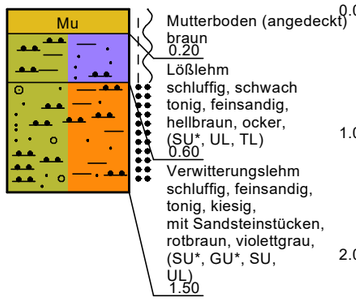
Abbruch, kein Bohrfortschritt!

DPH 3



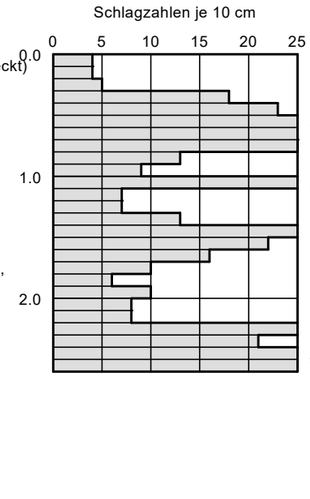
Tiefe [m]	N_{10}
0.10	3
0.20	3
0.30	3
0.40	2
0.50	2
0.60	2
0.70	1
0.80	1
0.90	1
1.00	2
1.10	1
1.20	3
1.30	12
1.40	6
1.50	4
1.60	9
1.70	34
1.80	9
1.90	8
2.00	3
2.10	3
2.20	5
2.30	5
2.40	5
2.50	7
2.60	8
2.70	8
2.80	9
2.90	10
3.00	11
3.10	7
3.20	7
3.30	7
3.40	14
3.50	11
3.60	70

RKS 6



Abbruch, kein Bohrfortschritt!

DPH 4

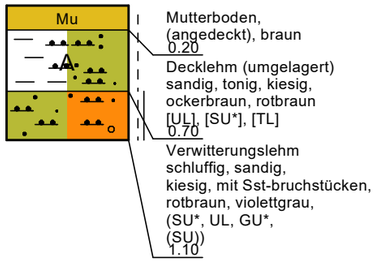


Tiefe [m]	N_{10}
0.10	4
0.20	4
0.30	5
0.40	18
0.50	23
0.60	30
0.70	37
0.80	25
0.90	13
1.00	9
1.10	37
1.20	7
1.30	7
1.40	13
1.50	30
1.60	22
1.70	16
1.80	10
1.90	6
2.00	10
2.10	8
2.20	8
2.30	37
2.40	21
2.50	27
2.60	70

KB 2

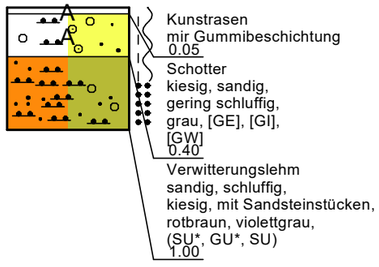


RKS 7



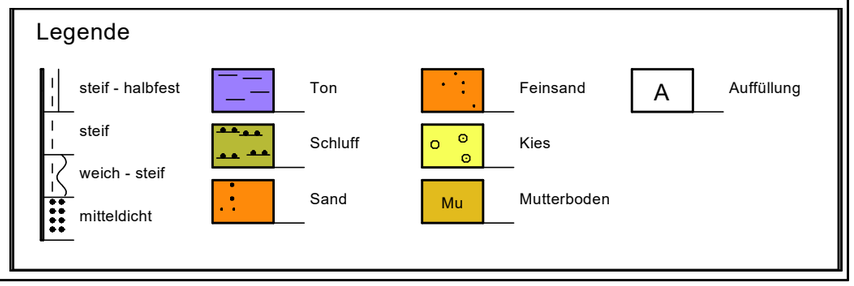
Abbruch, kein Bohrfortschritt!

RKS 8



Abbruch, kein Bohrfortschritt!

Legende



pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel.: 09721 / 4748520

Neubau Henneberg Grundschule

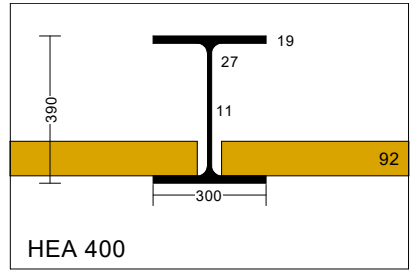
Seestraße in 97688 Bad Kissingen OT Garitz

Berechnung Berliner Verbau Straße, VORDIMENSIONIERUNG

Projekt-Nr.:	240362-01
Datum:	12.08.2024
Anlage Nr.:	3

Norm: EC 7
Trägerbohlwand
HEA 400
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach:
Räumliche Wirkung passiver Erddruck nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 2.50 m
Abminderung Kohäsion = 0.50
Erf. Profillänge = 8.14 m
Erf. Einbindetiefe = 4.67 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor E_p = 0.80
mob. Ep erfüllt / μ = 0.67
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.19

Bemessung:	γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10	Nachweis M_{Rd}
Nachweis Bohlträger	ε = 1.000	$M_{pl,Rd}$ = 602.1 kN·m
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)	c / t = 27.1 (St.) / 6.2 (Fl.)	μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.990
Bemessungssituation: max M,gq	Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)	Knicklänge = 11.400 m
M_{Ed} = 596.2 kN·m	f_y = 235.0 N/mm²	N_{cr} = 7187.7 kN
V_{Ed} = 1.5 kN	$M_{pl,Rd}$ = 602.1 kN·m	N_{Ed} / N_{cr} = 0.006 <= 0.04
N_{Ed} = 46.6 kN (Druck)	$V_{pl,Rd}$ = 778.1 kN (μ = 0.002)	-> Kein Knicknachweis
Profil: HEA 400 / Stahlgüte: S 235	$N_{pl,Rd}$ = 3736.5 kN (μ = 0.012)	max μ = 0.990
b = 300.0 mm / h = 390.0 mm	Querkraft-Interaktion	Nachweis der Holz-Ausfachung:
t_f = 19.0 mm / t_w = 11.0 mm	keine Abm.	max eah_d = 33.1 kN/m²
A = 159.0 cm² / r = 27.0 mm	Normalkraft-Interaktion	$\sigma_{r,d}$ = 1.85 kN/cm²
W_{pl} = 2562.0 cm³ / I = 45069.0 cm⁴	keine Abm.	optimale Ausfachungsdicke = 9.2 cm



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(p)_k$ [kN/m²]	$c(a)_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	18.0	8.0	20.0	0.0	2.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Lösslehm
	21.0	11.0	27.5	0.0	8.0	-0.667	0.667	10.00	0.00	Verwitterungslehm
	23.0	13.0	30.0	20.0	15.0	-0.300	0.667	10.00	0.00	Sandstein

Trägerbohlwand
==========

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:
d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Alle Höhenangaben beziehen sich auf den Wandkopf.

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 3.47 m
Räumliche Wirkung passiver Erddruck
nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 2.50 m
Abminderung Kohäsion = 0.50

Grundwasserstand (rechts) = 20.00 m
Grundwasserstand (links) = 20.00 m
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

Flächenlast p = 0.00 kN/m² als Verkehrslast

Blocklasten
Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr. [-]	sig(v) [kN/m²]	sig(h) [kN/m²]	x(links) [m]	x(rechts) [m]	Tiefe [m]
1	33.33	0.00	0.00	5.00	0.00

Nr. [-]	y(oben) [m]	y(mitte) [m]	y(unten) [m]	p(oben) [kN/m²]	p(mitte) [kN/m²]	p(unten) [kN/m²]	Typ	
1	0.00	0.00	7.21	13.11	13.11	13.11	0	Verkehrslast

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:
Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:
Eph,d = 354.95 kN/m (Epv,d = -222.03 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000
Bh(g+q),d = 354.95 kN/m
Bh,g,d = 107.83 kN/m
Bh,q,d = 247.12 kN/m
Bh,w,d = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)
$C_{h,k}$ = 217.09 kN/m
$C_{h,g,k}$ = 64.26 kN/m
$C_{h,q,k}$ = 152.83 kN/m
$C_{h,w,k}$ = 0.00 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_{,k}$	$\gamma'_{,k}$	$\varphi_{,k}$	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/φ	d(a)/φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[-]	[-]	[MN/m²]	[kN/m²]
1	0.60	18.00	8.00	20.00	0.00	2.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	1.50	21.00	11.00	27.50	0.00	8.00	-0.667	0.667	10.00	0.00
3	21.00	23.00	13.00	30.00	20.00	15.00	-0.300	0.667	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.
bestimmt nach:

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	$\varphi_{,k}$	δ	θ	kagh(40°)
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	0.60	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01	0.179
2	1.50	0.311	0.980	27.500	18.34	54.50	0.179
3	21.00	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck oben	Wasserdruck unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]
0.000	0.600	13.105	15.347	0.00	0.00
0.600	1.000	15.034	16.534	0.00	0.00
1.000	1.500	16.534	18.409	0.00	0.00
1.500	2.000	18.409	20.463	0.00	0.00
2.000	3.052	20.463	24.784	0.00	0.00
3.052	3.470	24.784	26.500	0.00	0.00
3.470	3.520	0.000	0.000	0.00	0.00
3.520	4.019	0.000	0.000	0.00	0.00
4.019	5.016	0.000	0.000	0.00	0.00
5.016	5.365	0.000	0.000	0.00	0.00
5.365	6.014	0.000	0.000	0.00	0.00
6.014	7.011	0.000	0.000	0.00	0.00
7.011	7.211	0.000	0.000	0.00	0.00
7.211	7.361	0.000	0.000	0.00	0.00
7.361	20.000	0.000	0.000	0.00	0.00
20.000	21.000	0.000	0.000	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	$\varphi_{,k}$	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
3	21.00	3.883	4.396	30.000	-9.00	24.01

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)
Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
3.05	3.47	0.00	0.00
3.47	3.52	0.00	-6.43
3.52	4.02	-6.43	-27.90
4.02	5.02	-27.90	-68.87
5.02	5.37	-68.87	-84.79
5.37	6.01	-84.79	-116.60
6.01	7.01	-116.60	-170.92
7.01	7.21	-170.92	-182.53
7.21	7.36	-182.53	-191.40
7.36	20.00	-191.40	-753.73
20.00	21.00	-753.73	-778.57

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.60	-2.9	-10.9	-3.2
1.00	-5.8	-19.0	-9.2
1.50	-9.8	-30.2	-21.4
2.00	-14.5	-42.5	-39.5
3.05	-26.0	-72.4	-99.5
3.47	-31.1	-85.8	-132.6
3.52	-31.1	-85.7	-136.8

4.02	-29.9	-76.6	-177.7
5.02	-22.8	-27.9	-233.3
5.37	-18.6	-0.6	-238.5
6.01	-8.5	65.7	-218.5
7.01	14.0	211.3	-84.9
7.21	19.6	247.2	-39.2
7.36	24.1	275.8	0.0

Schnittgrößen (g,d)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.60	-0.5	-0.7	-0.1
1.00	-1.1	-2.0	-0.7
1.50	-2.3	-4.6	-2.3
2.00	-3.9	-8.4	-5.5
3.05	-8.9	-20.4	-20.2
3.47	-11.4	-26.7	-30.0
3.52	-11.4	-26.7	-31.3
4.02	-11.3	-24.1	-44.1
5.02	-9.6	-10.1	-62.1
5.37	-8.5	-2.3	-64.3
6.01	-5.9	16.8	-59.9
7.01	0.2	58.6	-23.6
7.21	1.7	68.9	-10.9
7.36	3.0	77.1	0.0

Schnittgrößen ([g+q+w],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.60	-2.3	-8.5	-2.5
1.00	-4.5	-14.8	-7.1
1.50	-7.7	-23.5	-16.6
2.00	-11.4	-33.2	-30.8
3.05	-20.6	-57.0	-77.9
3.47	-24.7	-67.7	-103.9
3.52	-24.7	-67.6	-107.3
4.02	-23.8	-60.4	-139.6
5.02	-18.1	-22.1	-183.5
5.37	-14.9	-0.6	-187.6
6.01	-6.9	51.7	-171.9
7.01	10.8	166.3	-66.8
7.21	15.2	194.6	-30.8
7.36	18.7	217.1	0.0

Schnittgrößen (g+w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.60	-0.4	-0.6	-0.1
1.00	-0.9	-1.7	-0.5
1.50	-1.9	-3.8	-1.9
2.00	-3.3	-7.0	-4.6
3.05	-7.4	-17.0	-16.8
3.47	-9.5	-22.3	-25.0
3.52	-9.5	-22.2	-26.1
4.02	-9.4	-20.1	-36.8
5.02	-8.0	-8.4	-51.8
5.37	-7.1	-1.9	-53.6
6.01	-4.9	14.0	-49.9
7.01	0.2	48.8	-19.7
7.21	1.5	57.4	-9.1
7.36	2.5	64.3	0.0

Schnittgrößen (q,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.60	-1.9	-7.9	-2.4
1.00	-3.6	-13.1	-6.6

1.50	-5.8	-19.7	-14.7
2.00	-8.2	-26.2	-26.2
3.05	-13.2	-40.0	-61.0
3.47	-15.2	-45.5	-78.9
3.52	-15.2	-45.4	-81.2
4.02	-14.4	-40.4	-102.8
5.02	-10.1	-13.7	-131.7
5.37	-7.8	1.3	-134.0
6.01	-2.0	37.6	-122.0
7.01	10.6	117.5	-47.1
7.21	13.8	137.2	-21.7
7.36	16.2	152.8	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.60	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0	0.0
1.50	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0
3.05	0.0	0.0	0.0
3.47	0.0	0.0	0.0
3.52	0.0	0.0	0.0
4.02	0.0	0.0	0.0
5.02	0.0	0.0	0.0
5.37	0.0	0.0	0.0
6.01	0.0	0.0	0.0
7.01	0.0	0.0	0.0
7.21	0.0	0.0	0.0
7.36	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)
berechnet mit EI = 3.786E+4 kN·m²/m

Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]
0.00	-85.1	0.05	-84.2	0.55	-75.4	0.60	-74.5	0.60	-74.5	0.65	-73.6	0.95	-68.3
1.00	-67.4	1.00	-67.4	1.05	-66.6	1.45	-59.5	1.50	-58.7	1.50	-58.7	1.55	-57.8
1.95	-50.9	2.00	-50.0	2.00	-50.0	2.05	-49.2	3.00	-33.5	3.05	-32.7	3.05	-32.7
3.10	-31.8	3.42	-27.1	3.47	-26.3	3.47	-26.3	3.52	-25.6	3.52	-25.6	3.57	-24.9
3.97	-19.4	4.02	-18.7	4.02	-18.7	4.07	-18.1	4.97	-8.4	5.02	-7.9	5.02	-7.9
5.07	-7.5	5.32	-5.6	5.37	-5.2	5.37	-5.2	5.42	-4.9	5.96	-2.0	6.01	-1.8
6.01	-1.8	6.06	-1.6	6.96	-0.1	7.01	0.0	7.01	0.0	7.06	0.0	7.16	0.0
7.21	0.0	7.21	0.0	7.26	0.0	7.31	0.0	7.36	0.0				

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]
phi,[g+q],k: 0.00000000
Theoretischer Fußpunkt = 7.361 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
M_{Ed} = 596.2 kN·m
V_{Ed} = 1.5 kN
N_{Ed} = 46.6 kN (Druck)
Profil: HEA 400 / Stahlgüte: S 235
b = 300.0 mm / h = 390.0 mm
t_f = 19.0 mm / t_w = 11.0 mm
A = 159.0 cm² / r = 27.0 mm
W_{pl} = 2562.0 cm³ / I = 45069.0 cm^4
γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10
ε = 1.000
c / t = 27.1 (St.) / 6.2 (Fl.)
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)
f_y = 235.0 N/mm²
$M_{pl,Rd}$ = 602.1 kN·m
$V_{pl,Rd}$ = 778.1 kN (μ = 0.002)
$N_{pl,Rd}$ = 3736.5 kN (μ = 0.012)
Querkraft-Interaktion
keine Abm.
Normalkraft-Interaktion

keine Abm.
Nachweis M_{Rd}
$M_{pl,Rd}$ = 602.1 kN·m
μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.990
Knicklänge = 11.400 m
N_{cr} = 7187.7 kN
N_{Ed} / N_{cr} = 0.006 <= 0.04
-> Kein Knicknachweis
max μ = 0.990

Nachweis der Holz-Ausfachung:
max eah(d) = 33.1 kN/m²
sigma(r,d) = 1.85 kN/cm²
optimale Ausfachungsdicke = 9.2 cm

max M_d = 238.5 kN·m/m (Tiefe = 5.37 m)
Zugehörige Werte: N_d = -18.6 kN/m; Q_d = -0.6 kN/m; w_k = 5.2 mm

max Q_d = 275.8 kN·m/m (Tiefe = 7.36 m)
Zugehörige Werte: N_d = 24.1 kN/m; M_d = 0.0 kN·m/m; w_k = 0.0 mm

max N_d = 31.1 kN/m (Tiefe = 3.52 m)
Zugehörige Werte: Q_d = -85.7 kN/m; M_d = -136.8 kN·m/m; w_k = 32.5 mm

max w_k = 85.1 mm (Tiefe = 0.00 m)
Zugehörige Werte: N_d = 0.0 kN/m; Q_d = 0.0 kN/m; M_d = 0.0 kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %
Einbindetiefe t_g = 4.67 m
Profillänge = 8.14 m

Nachweis Summe H
Eph,d = 976.68 kN/m
(Eph,d mit Wandreibungswinkel = -φ ermittelt)
(Eph,d berechnet mit Anpassungsfaktor von: 1.000)
Eah,d = 169.88 kN/m
Bh,d' = Bh,d - 0,5 · $C_{h,d}$
Bh,d = 354.95 kN/m ; $C_{h,d}$ = 275.79 kN/m
Bh,d' = 217.06 kN/m
(Bh,d über rechnerisches Auflager)
Eah,d + Bh,d' <= Eph,d (Nachweis OK)
μ = (Eah,d + Bh,d') / Eph,d
μ = (169.88 + 217.06) / 976.68
μ = 386.94 / 976.68 = 0.40

Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Bei Trägerbohlwänden berechnet sich Epv (Bv) aus dem Reibungs- und
dem Kohäsionsanteil unterschiedlich. Der Reibungsanteil wird
dabei nur vor dem Bohlträger angesetzt. Für Ch und Cv erfolgt eine
analoge Annahme.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) >= (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$
G_k = 4.06 kN/m
$P_{v,k}$ = 0.00 kN/m
$E_{av,k}$ = 22.60 kN/m ($E_{ah,k}$ = 66.36 kN/m)
$C_{h,k}$ = 26.05 kN/m
$B_{v,k}$ = -21.38 kN/m
δ_p [°] = -9.0
δ_C [°] = 10.0
Summe V_k = 9.64 kN/m (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
(Erfahrungswerte nach EA Pfähle)
Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)
Profil: HEA 400
$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p) / \gamma_{Ep}$
$R_{Bv,d}$ = (85.45 - 1/2 · 65.13) · tan(9.0°) / 1.30 = 6.44 kN
$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$
$R_{Cv,d}$ = 1/2 · 65.13 · tan(20.0°) / 1.30 = 9.12 kN

Verhältniswert (min, max) = 0.00
Spitzendruck $q_{c,m}$ = 10.00 MN/m²
(gemittelt von 7.75 bis 9.70 m) ==> $q_{b,k}$ = 5.33 MN/m²
$R_{b,d}$ = eta(b) · A · $q_{b,k}$ / $\gamma_{qb,k}$ = 0.480 · 0.1170 · 5.33 · 1000 / 1.40 = 213.94 kN
Reduktion Spitzendruck nach EA-Pfähle mit eta(b) = 0.480

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
3.47	8.14	58.33	Sandstein

Mantelfläche bis 8.14 m = 1.282 m²/m ==> $R_{s1,d}$
Mantelfläche (TF + dt1) von 7.36 bis 8.14 m = 1.882 m²/m ==> $R_{s3,d}$
$R_{s1,d}$ = eta(s) · $R_{s1,k}$ / $\gamma_{qs,k}$ = 0.600 · 349.16 / 1.40 = 149.64 kN
$R_{s3,d}$ = $R_{s3,k}$ / $\gamma_{qs,k}$ = 85.43 / 1.40 = 61.02 kN
Reduktion Mantelreibung nach EA-Pfähle mit eta(s) = 0.600
R_d = $R_{Bv,d}$ + $R_{Cv,d}$ + $R_{b,d}$ + $R_{s1,d}$ + $R_{s3,d}$ = 440.17 kN

Einwirkungen
V_d = G_d + $E_{av,d}$ + $P_{v,d}$ = 12.19 + 71.54 + 0.00 = 83.73 kN
==> μ = V_d / R_d = 83.73 / 440.17 = 0.19

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99
Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt
Faktor Verkehrslasten fQ = 1.300 / 1.200 = 1.083
Teilsicherheit (Grundbruch) gamma(Rv) = 1.300
Breite = 0.85 m
Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 186.60 [kN/m]
(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)
$E_{av,k}$ (δ = 2/3 · φ) = 75.74 [kN/m]
Kohäsionskraft K_k = 107.98 [kN/m]
Grundbruchlast $R_{n,k}$ = 2113.42 [kN/m]
Grundbruch mit:
Reibungswinkel φ_k = 30.00 [°]
Kohäsion c_k = 10.00 [kN/m²]
N_d = 18.401 / N_b = 10.047 / N_c = 30.140
$\sigma_ü$ = 107.385 [kN/m²]
mue = [G_k · γ_G] / [($P_{g,k}$ + K_k + $E_{av,k}$) / γ_{Gr}] = 0.127
mue = [186.60 · 1.20] / [(2113.42 + 107.98 + 75.74) / 1.300] = 0.127

pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel.: 09721 / 4748520

Neubau Henneberg Grundschule

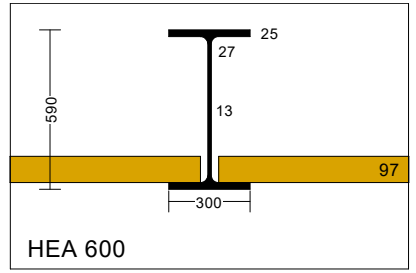
Seestraße in 97688 Bad Kissingen OT Garitz

Berechnung Berliner Verbau Baum, VORDIMENSIONIERUNG

Projekt-Nr.:	240362-01
Datum:	12.08.2024
Anlage Nr.:	4

Norm: EC 7
Trägerbohlwand
HEA 600
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach:
Räumliche Wirkung passiver Erddruck nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 2.50 m
Erf. Profillänge = 12.69 m
Erf. Einbindetiefe = 7.49 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor E_p = 0.80
mob. Ep erfüllt / μ = 0.26
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.15

Bemessung:	γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10	Nachweis M_{Rd}
Nachweis Bohlträger	ε = 1.000	$M_{pl,Rd}$ = 1257.3 kN·m
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)	c / t = 37.4 (St.) / 4.7 (Fl.)	μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.931
Bemessungssituation: max M,gq	Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)	Knicklänge = 17.800 m
M_{Ed} = 1170.9 kN·m	f_y = 235.0 N/mm²	N_{cr} = 9237.2 kN
V_{Ed} = 2.7 kN	$M_{pl,Rd}$ = 1257.3 kN·m	N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 <= 0.04
N_{Ed} = 12.3 kN (Druck)	$V_{pl,Rd}$ = 1258.4 kN (μ = 0.002)	-> Kein Knicknachweis
Profil: HEA 600 / Stahlgüte: S 235	$N_{pl,Rd}$ = 5311.0 kN (μ = 0.002)	max μ = 0.931
b = 300.0 mm / h = 590.0 mm	Querkraft-Interaktion	Nachweis der Holz-Ausfachung:
t_f = 25.0 mm / t_w = 13.0 mm	keine Abm.	max eah_d = 37.4 kN/m²
A = 226.0 cm² / r = 27.0 mm	Normalkraft-Interaktion	$\sigma_{r,d}$ = 1.85 kN/cm²
W_{pl} = 5350.0 cm³ / I = 141208.0 cm⁴	keine Abm.	optimale Ausfachungsdicke = 9.7 cm



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(p)_k$ [kN/m²]	$c(a)_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	18.0	8.0	20.0	0.0	2.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Lösslehm, weich
	20.0	10.0	25.0	0.0	8.0	-0.667	0.667	10.00	0.00	Lösslehm, steif - halbfest

Trägerbohlwand
==========

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:
d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Alle Höhenangaben beziehen sich auf den Wandkopf.

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 5.20 m
Räumliche Wirkung passiver Erddruck
nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 2.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 20.00 m
Grundwasserstand (links) = 20.00 m
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

Flächenlast p = 0.00 kN/m² als Verkehrslast

Blocklasten
Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	10.00	0.00	2.00	5.00	0.00

Nr.	y(oben)	y(mitte)	y(unten)	p(oben)	p(mitte)	p(unten)	Typ
[-]	[m]	[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	
1	0.73	2.38	6.18	2.86	2.86	2.86	0

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:
Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:
Eph,d = 493.80 kN/m (Epv,d = -147.91 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000
Bh(g+q),d = 493.80 kN/m
Bh,g,d = 493.80 kN/m
Bh,q,d = 0.00 kN/m
Bh,w,d = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)
$C_{h,k}$ = 321.63 kN/m
$C_{h,g,k}$ = 321.63 kN/m
$C_{h,q,k}$ = 0.00 kN/m
$C_{h,w,k}$ = 0.00 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_{,k}$	$\gamma'_{,k}$	$\varphi_{,k}$	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/φ	d(a)/φ	qc	cu,k

[-]	[m]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[-]	[-]	[MN/m²]	[kN/m²]
1	4.00	18.00	8.00	20.00	0.00	2.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	21.00	20.00	10.00	25.00	0.00	8.00	-0.667	0.667	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.
bestimmt nach:

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	$\varphi_{,k}$	δ	θ	kagh(40°)
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	4.00	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01	0.179
2	21.00	0.346	1.043	25.000	16.68	53.00	0.179

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
0.000	0.728	0.000	6.082	0.00	0.00
0.728	1.000	6.082	8.169	0.00	0.00
1.000	2.000	8.169	15.839	0.00	0.00
2.000	2.384	15.839	18.785	0.00	0.00
2.384	3.050	18.785	23.893	0.00	0.00
3.050	4.000	23.893	31.179	0.00	0.00
4.000	4.050	19.400	19.746	0.00	0.00
4.050	5.050	19.746	26.659	0.00	0.00
5.050	5.200	26.659	27.695	0.00	0.00
5.200	6.035	0.000	0.000	0.00	0.00
6.035	6.183	0.000	0.000	0.00	0.00
6.183	7.034	0.000	0.000	0.00	0.00
7.034	8.035	0.000	0.000	0.00	0.00
8.035	8.586	0.000	0.000	0.00	0.00
8.586	9.036	0.000	0.000	0.00	0.00
9.036	10.037	0.000	0.000	0.00	0.00
10.037	11.039	0.000	0.000	0.00	0.00
11.039	11.439	0.000	0.000	0.00	0.00
11.439	20.000	0.000	0.000	0.00	0.00
20.000	21.000	0.000	0.000	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	$\varphi_{,k}$	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	21.00	3.558	4.330	25.000	-16.68	21.54

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)
Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
5.05	5.20	0.00	0.00
5.20	6.04	0.00	-9.69
6.04	6.18	-9.69	-12.37
6.18	7.03	-12.37	-31.52
7.03	8.03	-31.52	-60.60
8.03	8.59	-60.60	-79.09
8.59	9.04	-79.09	-95.39
9.04	10.04	-95.39	-135.08
10.04	11.04	-135.08	-179.11
11.04	11.44	-179.11	-197.86
11.44	20.00	-197.86	-472.72
20.00	21.00	-472.72	-488.69

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.73	-1.1	-1.2	-0.3
1.00	-1.9	-3.5	-0.9
2.00	-6.4	-18.0	-10.9
2.38	-8.7	-25.9	-19.3
3.05	-13.5	-43.0	-42.0

4.00	-21.9	-74.4	-97.1
4.05	-22.4	-75.5	-100.8
5.05	-31.8	-103.4	-189.6
5.20	-33.4	-108.3	-205.5
6.04	-33.3	-105.0	-295.1
6.18	-33.0	-103.4	-310.5
7.03	-28.4	-85.1	-391.9
8.03	-15.8	-39.5	-456.7
8.59	-4.9	-1.1	-468.4
9.04	6.4	38.2	-460.3
10.04	39.8	153.3	-367.7
11.04	85.7	310.4	-139.2
11.44	107.9	386.0	0.0

Schnittgrößen (g,d)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.73	-1.1	-1.2	-0.3
1.00	-1.9	-3.5	-0.9
2.00	-6.4	-18.0	-10.9
2.38	-8.7	-25.9	-19.3
3.05	-13.5	-43.0	-42.0
4.00	-21.9	-74.4	-97.1
4.05	-22.4	-75.5	-100.8
5.05	-31.8	-103.4	-189.6
5.20	-33.4	-108.3	-205.5
6.04	-33.3	-105.0	-295.1
6.18	-33.0	-103.4	-310.5
7.03	-28.4	-85.1	-391.9
8.03	-15.8	-39.5	-456.7
8.59	-4.9	-1.1	-468.4
9.04	6.4	38.2	-460.3
10.04	39.8	153.3	-367.7
11.04	85.7	310.4	-139.2
11.44	107.9	386.0	0.0

Schnittgrößen ([g+q+w],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.73	-0.9	-1.0	-0.2
1.00	-1.6	-3.0	-0.7
2.00	-5.3	-15.0	-9.1
2.38	-7.3	-21.6	-16.0
3.05	-11.2	-35.8	-35.0
4.00	-18.3	-62.0	-80.9
4.05	-18.6	-63.0	-84.0
5.05	-26.5	-86.2	-158.0
5.20	-27.8	-90.2	-171.2
6.04	-27.8	-87.5	-245.9
6.18	-27.5	-86.2	-258.7
7.03	-23.7	-70.9	-326.6
8.03	-13.2	-32.9	-380.6
8.59	-4.1	-0.9	-390.3
9.04	5.3	31.9	-383.6
10.04	33.1	127.8	-306.4
11.04	71.4	258.7	-116.0
11.44	89.9	321.6	0.0

Schnittgrößen (g+w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.73	-0.9	-1.0	-0.2
1.00	-1.6	-3.0	-0.7
2.00	-5.3	-15.0	-9.1
2.38	-7.3	-21.6	-16.0
3.05	-11.2	-35.8	-35.0
4.00	-18.3	-62.0	-80.9
4.05	-18.6	-63.0	-84.0

5.05	-26.5	-86.2	-158.0
5.20	-27.8	-90.2	-171.2
6.04	-27.8	-87.5	-245.9
6.18	-27.5	-86.2	-258.7
7.03	-23.7	-70.9	-326.6
8.03	-13.2	-32.9	-380.6
8.59	-4.1	-0.9	-390.3
9.04	5.3	31.9	-383.6
10.04	33.1	127.8	-306.4
11.04	71.4	258.7	-116.0
11.44	89.9	321.6	0.0

Schnittgrößen (q,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.73	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0
2.38	0.0	0.0	0.0
3.05	0.0	0.0	0.0
4.00	0.0	0.0	0.0
4.05	0.0	0.0	0.0
5.05	0.0	0.0	0.0
5.20	0.0	0.0	0.0
6.04	0.0	0.0	0.0
6.18	0.0	0.0	0.0
7.03	0.0	0.0	0.0
8.03	0.0	0.0	0.0
8.59	0.0	0.0	0.0
9.04	0.0	0.0	0.0
10.04	0.0	0.0	0.0
11.04	0.0	0.0	0.0
11.44	0.0	0.0	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
0.73	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0
2.38	0.0	0.0	0.0
3.05	0.0	0.0	0.0
4.00	0.0	0.0	0.0
4.05	0.0	0.0	0.0
5.05	0.0	0.0	0.0
5.20	0.0	0.0	0.0
6.04	0.0	0.0	0.0
6.18	0.0	0.0	0.0
7.03	0.0	0.0	0.0
8.03	0.0	0.0	0.0
8.59	0.0	0.0	0.0
9.04	0.0	0.0	0.0
10.04	0.0	0.0	0.0
11.04	0.0	0.0	0.0
11.44	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)
berechnet mit EI = 1.186E+5 kN·m²/m

Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]
0.00	-133.0	0.05	-132.2	0.68	-121.3	0.73	-120.6	0.73	-120.6	0.78	-119.6	0.95	-116.8
1.00	-115.9	1.00	-115.9	1.05	-115.0	1.95	-99.6	2.00	-98.8	2.00	-98.8	2.05	-97.9
2.34	-93.0	2.38	-92.2	2.38	-92.2	2.44	-91.2	3.00	-81.7	3.05	-80.9	3.05	-80.9
3.10	-80.0	3.95	-65.8	4.00	-65.0	4.00	-65.0	4.05	-64.2	4.05	-64.2	4.10	-63.3
5.00	-48.9	5.05	-48.2	5.05	-48.2	5.10	-47.4	5.15	-46.6	5.20	-45.9	5.20	-45.9
5.25	-45.1	5.99	-34.4	6.04	-33.7	6.04	-33.7	6.08	-33.1	6.13	-32.4	6.18	-31.7
6.18	-31.7	6.23	-31.1	6.98	-21.7	7.03	-21.1	7.03	-21.1	7.08	-20.6	7.98	-11.7
8.03	-11.3	8.03	-11.3	8.09	-10.8	8.54	-7.5	8.59	-7.2	8.59	-7.2	8.64	-6.8
8.99	-4.8	9.04	-4.6	9.04	-4.6	9.09	-4.3	9.99	-1.1	10.04	-1.0	10.04	-1.0

10.09	-0.9	10.99	0.0	11.04	0.0	11.04	0.0	11.09	0.0	11.39	0.0	11.44	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]
phi,[g+q],k: 0.00000000
Theoretischer Fußpunkt = 11.439 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
M_{Ed} = 1170.9 kN·m
V_{Ed} = 2.7 kN
N_{Ed} = 12.3 kN (Druck)
Profil: HEA 600 / Stahlgüte: S 235
b = 300.0 mm / h = 590.0 mm
t_f = 25.0 mm / t_w = 13.0 mm
A = 226.0 cm² / r = 27.0 mm
W_{pl} = 5350.0 cm³ / I = 141208.0 cm^4
γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10
ε = 1.000
c / t = 37.4 (St.) / 4.7 (Fl.)
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)
f_y = 235.0 N/mm²
$M_{pl,Rd}$ = 1257.3 kN·m
$V_{pl,Rd}$ = 1258.4 kN (μ = 0.002)
$N_{pl,Rd}$ = 5311.0 kN (μ = 0.002)
Querkraft-Interaktion
keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.
Nachweis M_{Rd}
$M_{pl,Rd}$ = 1257.3 kN·m
μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.931
Knicklänge = 17.800 m
N_{cr} = 9237.2 kN
N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 <= 0.04
-> Kein Knicknachweis
max μ = 0.931

Nachweis der Holz-Ausfachung:
max eah(d) = 37.4 kN/m²
sigma(r,d) = 1.85 kN/cm²
optimale Ausfachungsdicke = 9.7 cm

max M_d = 468.4 kN·m/m (Tiefe = 8.59 m)
Zugehörige Werte: N_d = -4.9 kN/m; Q_d = -1.1 kN/m; w_k = 7.2 mm

max Q_d = 386.0 kN·m/m (Tiefe = 11.44 m)
Zugehörige Werte: N_d = 107.9 kN/m; M_d = 0.0 kN·m/m; w_k = 0.0 mm

max N_d = 107.9 kN/m (Tiefe = 11.44 m)
Zugehörige Werte: Q_d = 386.0 kN/m; M_d = 0.0 kN·m/m; w_k = 0.0 mm

max w_k = 133.0 mm (Tiefe = 0.00 m)
Zugehörige Werte: N_d = 0.0 kN/m; Q_d = 0.0 kN/m; M_d = 0.0 kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %
Einbindetiefe t_g = 7.49 m
Profillänge = 12.69 m

Nachweis Summe H
Eph,d = 1212.42 kN/m
(Eph,d mit Wandreibungswinkel = -φ ermittelt)
(Eph,d berechnet mit Anpassungsfaktor von: 1.000)
Eah,d = 350.87 kN/m
Bh,d' = Bh,d - 0,5 · $C_{h,d}$
Bh,d = 493.80 kN/m ; $C_{h,d}$ = 385.95 kN/m
Bh,d' = 300.82 kN/m
(Bh,d über rechnerisches Auflager)
Eah,d + Bh,d' <= Eph,d (Nachweis OK)
μ = (Eah,d + Bh,d') / Eph,d
μ = (350.87 + 300.82) / 1212.42

μ = 651.69 / 1212.42 = 0.54

Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Bei Trägerbohlwänden berechnet sich Epv (Bv) aus dem Reibungs- und
dem Kohäsionsanteil unterschiedlich. Der Reibungsanteil wird
dabei nur vor dem Bohlträger angesetzt. Für Ch und Cv erfolgt eine
analoge Annahme.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) >= (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$
G_k = 9.00 kN/m
$P_{v,k}$ = 0.00 kN/m
$E_{av,k}$ = 22.75 kN/m ($E_{ah,k}$ = 88.86 kN/m)
$C_{h,k}$ = 38.60 kN/m
$B_{v,k}$ = -14.80 kN/m
δ_p [°] = -16.7
δ_C [°] = 8.3
Summe V_k = 25.55 kN/m (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
(Erfahrungswerte nach EAB 2021)
Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)
Profil: HEA 600
$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p) / \gamma_{Ep}$
$R_{Bv,d} = (123.56 - 1/2 \cdot 96.49) \cdot \tan(16.7°) / 1.30 = 17.35$ kN
$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$
$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 96.49 \cdot \tan(16.7°) / 1.30 = 11.12$ kN

Spitzendruck $q_{c,m}$ = 10.00 MN/m²
(gemittelt von 12.10 bis 15.05 m) ==> $q_{b,k}$ = 12.00 MN/m²
$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0226 \cdot 12.00 \cdot 1000 / 1.40 = 193.71$ kN

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
5.20	12.69	40.00	Lösslehm, steif - halbfest

Mantelfläche bis 12.69 m = 1.654 m²/m ==> $R_{s1,d}$
Mantelfläche (TF + dt1) von 11.44 bis 12.69 m = 2.254 m²/m ==> $R_{s3,d}$
$R_{s1,d} = R_{s1,k} / \gamma_{qs,k} = 495.35 / 1.40 = 353.82$ kN
$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 112.51 / 1.40 = 80.36$ kN
$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s1,d} + R_{s3,d} = 656.36$ kN

Einwirkungen
$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 27.01 + 68.25 + 0.00 = 95.26$ kN
==> $\mu = V_d / R_d = 95.26 / 656.36 = 0.15$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99
Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt
Faktor Verkehrslasten fQ = 1.300 / 1.200 = 1.083
Teilsicherheit (Grundbruch) gamma(Rv) = 1.300
Breite = 1.26 m
Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 309.63 [kN/m]
(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)
$E_{av,k}$ ($\delta = 2/3 \cdot \varphi$) = 137.35 [kN/m]
Kohäsionskraft K_k = 77.50 [kN/m]
Grundbruchlast $R_{n,k}$ = 2342.81 [kN/m]
Grundbruch mit:
Reibungswinkel φ_k = 25.00 [°]
Kohäsion c_k = 0.00 [kN/m²]
N_d = 10.662 / N_b = 4.506 / N_c = 20.721
$\sigma_ü$ = 163.742 [kN/m²]
mue = $[G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}]$ = 0.189
mue = [309.63 · 1.20] / [(2342.81 + 77.50 + 137.35) / 1.300] = 0.189

Tabelle 1: Homogenbereiche Mineralböden

Homogenbereich nach DIN 18300		**EA O1**	**EA B1**	**EA B2**	**EA B3**
Homogenbereich nach DIN 18301		**BA O1**	**BA B1**	**BA B2**	**BA B3**
Homogenbereich nach DIN 18319		-	-		-
Homogenbereich nach DIN 18304		-	-		-
ortsübliche Bezeichnung		Mutterboden	Schotter, unsortierte Auffüllung	umgel. Decklehm, Lößlehm	Verwitterungslehm
Baugrundschicht Nr.		1c	2, 3	4, 5	6
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 (bis 63 mm)	Ton: ≤ 0,002	-	3 - 20 %	5 - 20 %	5 - 10 %
	Schluff: > 0,002 - 0,06		10 - 40 %	40 - 80 %	20 - 50 %
	Sand: > 0,06 - 2,0		30 - 70 %	20 - 60 %	20 - 70 %
	Kies: > 2,0 - 63 mm		20 - 80 %	5 - 15 %	5 - 40 %
Anteil Steine/Blöcke nach DIN ISO 14688-1		< 3 Ma.-%	0 - 30 Ma.-%	< 3 Ma.-%	0 - 30 Ma.-%
mineralogische Zusammensetzung Steine und Blöcke nach DIN EN ISO 14689		-	Sandstein, Tonmergelstein, Kalkstein	-	Sandstein
Dichte, feucht		1,6 - 1,7 g/cm³	1,8 - 2,0 g/cm³	1,7 - 1,9 g/cm³	1,9 - 2,2 g/cm³
undränierte Scherfestigkeit		n. b.	0 - 80 kN/m²	0 - 50 kN/m²	5 - 150 kN/m²
Wassergehalt		n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12		-	-	-	-
Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12		-	-	-	-
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1		weich - steif	weich - halbfest	weich - steif	steif - halbfest
Plastizität		leicht	keine - leicht	keine	keine - leicht
Lagerungsdichte		-	locker - mitteldicht	n. b.	mitteldicht
Wasserdurchlässigkeit		-	ca. 10^{-8} m/s - 10^{-3} m/s	ca. 10^{-8} m/s - 10^{-6} m/s	ca. 10^{-8} m/s - 10^{-5} m/s
Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9/-10		-	0 - 5 kN/m²	2 - 6 kN/m²	5 - 15 kN/m²
Organischer Anteil		5 - 10 Ma.-%	< 10 Ma.-%	< 3 Ma.-%	< 3 Ma.-%

Bodengruppe nach DIN 18196	[OU], [OH]	[GU*], [SU*], [GU], [UL], [GW], [GE], [GI]	[SU*], [UL], [TL], SU*, UL, TL, (UM, TM)	SU*, SU, GU*, (UL)
Bodenklasse nach DIN 18300 (VOB Teil C, alt)	K 1	K 3 - K 5	K 4	K 4 - K 5
Boden- / Felsklassen DIN 18 301	BO 1	BN 1 - BN2, BS 1 - BS 2	BB 2, (BN 2, BS 1)	BB 2 - BB 4 BN 1 - BN 2 BS 1 - BS 3
Kalkgehalt nach DIN 18129	-	-	-	-
Sulfatgehalt (säurelöslich) nach DIN 4030-2	-	-	-	-
Abrasivität (CAI) [1)]	0	0,0 - 2,0	0,0 - 0,3	0,5 - 2,0
LCPC LAK (g/t) [1)]	0	0 - 500	0 - 50	100 - 500

1) nicht abrasiv: CAI 0 - 0,3 / LAK 0 - 50 g/t
kaum abrasiv: CAI 0,3 - 0,5 / LAK 50 - 100 g/t
schwach abrasiv: CAI 0,5 - 1,0 / LAK 100 - 250 g/t
abrasiv: CAI 1,0 - 2,0 / LAK 250 - 500 g/t
stark abrasiv: CAI 2,0 - 4,0 / LAK 500 - 1250 g/t
extrem abrasiv: CAI 4,0 - 6,0 / LAK 1250 - 2000 g/t

Tabelle 2: Homogenbereiche Festgestein

Homogenbereich nach DIN 18300	**EA X1**
Homogenbereich nach DIN 18301	**BA X1**
Homogenbereich nach DIN 18319	-
Homogenbereich nach DIN 18304	-
ortsübliche Bezeichnung	Mittlerer Buntsandstein
Benennung nach DIN EN ISO 14689	Sedimentgestein, fein- bis grobkörnig, (Sandstein, Tonschluffstein)
Baugrundschicht Nr.	7
Feuchtdichte nach DIN EN ISO 17892-2	2,2 - 2,4 kN/m³
Verwitterung, Veränderungen, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689	mäßig - stark verwittert entfestigt bis zersetzt mäßig veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins nach DIN 18141-1	5 - 100 N/mm²
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689	Schichtflächen: grob laminiert - dünn Kluftabstände: sehr eng- bis mittelständig Trennflächenausbildung: plattig - bankig Gesteinskörperform: tafelförmig - prismatisch
Gebirgsdurchlässigkeit nach DIN EN ISO 14689 & 22282-4	10^{-7} m/s bis 10^{-5} m/s (abhängig von Kluftweite/-ausbildung)
Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9 /-10	10 - 30 kN/m²
Bodenklasse nach DIN 18300 (VOB Teil C, alt)	K 6
Boden- / Felsklassen DIN 18301	FV 1 - FV 3, bei vollständiger Verwitterung BB 3 - BB 4, BN 2 FD 2 - FD 3
Kalkgehalt nach DIN 18129	-
Sulfatgehalt (säurelöslich) nach DIN 4030-2	-
Abrasivität (CAI) [1)]	0,5 - 4,0
LCPC-Abrasivität LAK (g/t) [1)]	100 - 1250

1) nicht abrasiv: CAI 0 - 0,3 / LAK 0 - 50 g/t
kaum abrasiv: CAI 0,3 - 0,5 / LAK 50 - 100 g/t
schwach abrasiv: CAI 0,5 - 1,0 / LAK 100 - 250 g/t
abrasiv: CAI 1,0 - 2,0 / LAK 250 - 500 g/t
stark abrasiv: CAI 2,0 - 4,0 / LAK 500 - 1250 g/t
extrem abrasiv: CAI 4,0 - 6,0 / LAK 1250 - 2000 g/t

BVU

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH

Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach
Tel. 08392/921-0
Fax 08392/921-30
bvu@bvu-analytik.de

BVU GmbH · Gewerbestraße 10 · 87733 Markt Rettenbach

pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt

Analysenbericht Nr.	582/7118	Datum:	24.07.2024

Allgemeine Angaben

Auftraggeber	:	pgu ingenieurgesellschaft mbH			
Projekt	:	Henneberg Grundschule - KG/Baugrund			
Projekt-Nr.	:	240362-01			
Art der Probe	:	Asphalt			
Entnahmestelle	:				
Entnahmedatum	:	17.06.2024			
Originalbezeich.	:	AMP 1			
Probenehmer	:	pgu - Thomas Lüftner	Probeneingang	:	12.07.2024
Probenbezeich.	:	582/7118	Unters-zeitraum	:	12.07.2024 – 24.07.2024

Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert		Methode
Naphthalin	[mg/kg TS]	0,33		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04		
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,55		
Anthracen	[mg/kg TS]	0,16		
Fluoranthen	[mg/kg TS]	0,44		
Pyren	[mg/kg TS]	0,42		
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,11		
Chrysen	[mg/kg TS]	0,3		
Benzo(b)fluoranthen	[mg/kg TS]	0,36		
Benzo(k)fluoranthen	[mg/kg TS]	0,13		
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,13		
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,47		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04		
Σ PAK (EPA Liste):	**[mg/kg TS]**	3,4		DIN ISO 18287 :2006-05

Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert		Methode
pH-Wert	[-]	8,84		DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	48		DIN EN 27 888 : 1993
Phenolindex	[µg/l]	< 10		DIN EN ISO 14402:1999-12

Markt Rettenbach, den 24.07.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift
Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele

BVU

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH

Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach
Tel. 08392/921-0
Fax 08392/921-30
bvu@bvu-analytik.de

BVU GmbH · Gewerbestraße 10 · 87733 Markt Rettenbach

pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt

Analysenbericht Nr.	582/7119	Datum:	24.07.2024

Allgemeine Angaben

Auftraggeber	:	pgu ingenieurgesellschaft mbH			
Projekt	:	Henneberg Grundschule - KG/Baugrund			
Projekt-Nr.	:	240362-01			
Art der Probe	:	Asphalt			
Entnahmestelle	:				
Entnahmedatum	:	17.06.2024			
Originalbezeich.	:	AMP 2			
Probenehmer	:	pgu - Thomas Lüftner	Probeneingang	:	12.07.2024
Probenbezeich.	:	582/7119	Unters-zeitraum	:	12.07.2024 – 24.07.2024

Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert		Methode
Naphthalin	[mg/kg TS]	0,09		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04		
Phenanthren	[mg/kg TS]	1,1		
Anthracen	[mg/kg TS]	0,29		
Fluoranthen	[mg/kg TS]	1,9		
Pyren	[mg/kg TS]	1,6		
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,9		
Chrysen	[mg/kg TS]	0,75		
Benzo(b)fluoranthen	[mg/kg TS]	0,99		
Benzo(k)fluoranthen	[mg/kg TS]	0,36		
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,62		
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	0,12		
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,7		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,33		
Σ PAK (EPA Liste):	**[mg/kg TS]**	9,75		DIN ISO 18287 :2006-05

Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert		Methode
pH-Wert	[-]	8,96		DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	86		DIN EN 27 888 : 1993
Phenolindex	[µg/l]	< 10		DIN EN ISO 14402:1999-12

Markt Rettenbach, den 24.07.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift
Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele

BVU
Bioverfahrenstechnik und Umweltanalytik GmbH

Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach
Tel. 08392/921-0
Fax 08392/921-30
bvu@bvu-analytik.de

BVU GmbH · Gewerbestraße 10 · 87733 Markt Rettenbach

pgu ingenieurgesellschaft mbH

Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt

Analysenbericht Nr.	582/7120	Datum:	24.07.2024

Allgemeine Angaben

Auftraggeber	: pgu ingenieurgesellschaft mbH		
Projekt	: Henneberg Grundschule - KG/Baugrund		
Projekt-Nr.	: 240362-01		
Entnahmestelle	:	Art der Probenahme	:
Art der Probe	: Boden	Probenehmer	: pgu - Thomas Lüftner
Entnahmedatum	: 17.06.2024	Probeneingang	: 12.07.2024
Originalbezeich.	: MP 1		
Probenbezeich.	: 582/7120		
Untersuch.-zeitraum	: 12.07.2024 – 24.07.2024	Fremdstoffanteil	: < 10 % TS

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (BM-0/BM-F)

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe										DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	98,0		-	-	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	40		-	-	-	-	-	-	Siebung

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (BM-0*/BM-F)

2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
Glühverlust	[Masse %]	3,7		-	-	-	-	-	-	DIN EN 15169 :2007-05
TOC (Σ TOC 400 + ROC)	[Masse %]	0,92		1	1	5	5	5	5	berechnet
TOC 400	[Masse %]	0,43		-	-	-	-	-	-	DIN EN 19539 :2016-12
ROC	[Masse %]	0,49		-	-	-	-	-	-	DIN EN 19539 :2016-12
Arsen	[mg/kg TS]	4,7		20	20	40	40	40	150	DIN ISO 22036:2009-06
Blei	[mg/kg TS]	11		70	140	140	140	140	700	DIN ISO 22036:2009-06
Cadmium	[mg/kg TS]	0,08		1	1	2	2	2	10	DIN ISO 22036:2009-06
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	20		60	120	120	120	120	600	DIN ISO 22036:2009-06
Kupfer	[mg/kg TS]	13		40	80	80	80	80	320	DIN ISO 22036:2009-06
Nickel	[mg/kg TS]	23		50	100	100	100	100	350	DIN ISO 22036:2009-06
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,03		0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4		1	1	2	2	2	7	DIN ISO 22036:2009-06
Zink	[mg/kg TS]	46		150	300	300	300	300	1200	DIN ISO 22036:2009-06
Aufschluß mit Königswasser										DIN EN 13657 :2003-01

2.2 Summenparameter, PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1					DIN 38 409 -17 :2005-12
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30			300	300	300	300	1000	DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50			600	600	600	600	2000	DIN EN 14039 :2005-01
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01								
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01								
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01								
PCB 118	[mg/kg TS]	< 0,01								
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01								
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01								
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01								
Σ PCB (7):	[mg/kg TS]	**n.n.**		0,05	0,1					DIN EN 10382 :2003-05
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04								
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04								
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04								
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04								
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,45								
Anthracen	[mg/kg TS]	0,19								
Fluoranthen	[mg/kg TS]	1,8								
Pyren	[mg/kg TS]	1,6								
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,77								
Chrysen	[mg/kg TS]	0,62								
Benzo(b)fluoranthen	[mg/kg TS]	1								
Benzo(k)fluoranthen	[mg/kg TS]	0,42								
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,82		0,3						
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	0,12								
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,63								
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,49								
Σ PAK (EPA Liste):	**[mg/kg TS]**	**8,91**		3	6	6	6	9	30	DIN ISO 18287 :2006-05

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat -Schütteleluat (BM-0/BM-F)

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
Eluatherstelllung – Schütteleluat [l:s]		2 : 1								DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert	[-]	8,45				6,5–9,5	6,5–9,5	6,5–9,5	5,5-12	DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	187			350	350	500	500	2000	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 4			8	12	20	85	100	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5			23	35	90	250	470	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1			2	3,0	3,0	10	15	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5			10	15	150	290	530	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5			20	30	110	170	320	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5			20	30	30	150	280	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,05			0,1					DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[µg/l]	< 0,2			0,2					DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Zink	[µg/l]	< 10			100	150	160	840	1600	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Sulfat	[mg/l]	7		250	250	250	450	450	1000	EN ISO 10304 :2009-07

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0-L	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Methode
PCB 28	[µg/l]	< 0,002								
PCB 52	[µg/l]	< 0,002								
PCB 101	[µg/l]	< 0,002								
PCB 118	[µg/l]	< 0,002								
PCB 138	[µg/l]	< 0,002								
PCB 153	[µg/l]	< 0,002								
PCB 180	[µg/l]	< 0,002								
Σ PCB (7):	[µg/l]	**n.n.**			0,01					DIN 30407 F37 : 2013-11
1-Methylnaphthalin	[µg/l]	0,02								DIN 38 407 F 39 : 2011-09
2-Methylnaphthalin	[µg/l]	0,023			2					DIN 38 407 F 39 : 2011-09
Naphthalin	[µg/l]	0,034								DIN 38 407 F 39 : 2011-09
Acenaphthylen	[µg/l]	0,006								
Acenaphthen	[µg/l]	0,089								
Fluoren	[µg/l]	0,11								
Phenanthren	[µg/l]	0,19								
Anthracen	[µg/l]	0,11								
Fluoranthen	[µg/l]	0,095								
Pyren	[µg/l]	0,078								
Benzo(a)anthracen	[µg/l]	0,048								
Chrysen	[µg/l]	0,043								
Benzo(b)fluoranthen	[µg/l]	0,032								
Benzo(k)fluoranthen	[µg/l]	0,014								
Benzo(a)pyren	[µg/l]	0,021								
Dibenz(a,h)anthracen	[µg/l]	< 0,005								
Benzo(a,h,i)perylen	[µg/l]	< 0,005								
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[µg/l]	< 0,005								
Σ PAK (15):	**[µg/l]**	**0,836**			0,2	0,3	1,5	3,8	20	DIN 38 407 F 39 : 2011-09

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (EBV Anl. 1, Tab3) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.
BM-0-L = Grenzwerte BM-0 Lehm

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 24.07.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift
Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele
(Laborleiter)

Probenbegleitprotokoll (gemäß DIN EN 15002:2015-07)

Nummer der Feldprobe: MP 1
Tag und Uhrzeit der Probenahme: 17.06.2024
Probenahmeprotokoll-Nr: -

Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe)

Nummer der Laborprobe:	582/7120	**Tag und Uhrzeit der Anlieferung:**	12.07.2024
Probenahmeprotokoll:	⊗ ja O nein	Ordnungsgemäße Anlieferung:	⊗ ja O nein
Probengefäß:	PE-Eimer	Transportbedingungen:	ungekühlt
Kommentierung:	-		
Größe der Laborprobe:	5 l Masse: [kg]		
separierte Fraktion:	nein	Art der Probe:	Boden

Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe)

Fraktion nicht zerkleinerbarer Abfall: < 1 % Art der Fraktion nicht zerkleinerbarer Abfall
Körnung der Laborprobe [mm]:

Probenvorbereitung (von der Laborprobe zur Prüfprobe)

Sortierung: O ja ☑ nein separierte Stoffgruppen: keine
Zerkleinerung: ☑ ja (Fraktion < 32 mm) O nein Teilvolumen [l]: 5

Teilung / Homogenisierung:

O fraktionierendes Teilen O Kegeln und Vierteln ☑ Cross-Riffling O Sonstige:

Zerkleinerungsart für Eluat (Fraktion > 32 mm):

☑ Backenbrecher O Bohrmeisel / Meisel O Schneidemühle O Sonstige:

Zerkleinerungsart für Gesamtgehalte < 2 mm (KW, PAK, PCB, EOX):

O Backenbrecher O Bohrmeisel / Meisel O Schneidemühle ☑ Siebung

Zerkleinerungsart für Gesamtgehalte < 0,25 mm (SM, TOC):

O Backenbrecher ☑ Scheibenschwingmühle O Schneidemühle O Sonstige:

Abtrennung fester Rückstände nach KöWa-Aufschluss:

O Sedimentation O Zentrifugation ☑ Filtration O Sonstige:

Herstellung des Eluats (von der Prüfprobe zur Messprobe)

Art des Eluat ☑ Schütteleluat (DIN 19529 : 2015-12)
Datum: 12.07.2024 Korngröße der PP: (95 % mm)
Perkolationsprüfung – Beginn: 12.07.2024 Ende: 13.07.2024
Einwaage MG [g]: 303,6 Feuchtegehalt FG (%): 2,0
Dauer der Sättigung: - V – Eluatfraktion: 600
W/F-Verhältnis: 2

Art der Trennung: ☑ Sedimentation (1h) O Zentrifugation (10 min, 3000g)
☑ Filtration (P = 4 bar)

Stabilisierung der Eluate:
SM Anionen Phenolindex Cyanide

Volumen des Eluat für Filtration 800 ml Trübung des Eluat: < 10 FAU

12.07.2024
Datum

Jonathan Schwarz
verantwortl. Bearbeiter

BVU

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH

Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach
Tel. 08392/921-0
Fax 08392/921-30
bvu@bvu-analytik.de

BVU GmbH · Gewerbestraße 10 · 87733 Markt Rettenbach

pgu ingenieurgesellschaft mbH

Straßburgstraße 28

97424 Schweinfurt

Analysenbericht Nr.	582/7121	Datum:	24.07.2024

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber	:	pgu ingenieurgesellschaft mbH			
Projekt	:	Henneberg Grundschule - KG/Baugrund			
Projekt-Nr.	:	240362-01	Kostenstelle	:	
Entnahmestelle	:		Art der Probenahme	:	
Art der Probe	:	Material	Probenehmer	:	pgu - Thomas Lüftner
Entnahmedatum	:	17.06.2024	Probeneingang	:	12.07.2024
Originalbezeich.	:	MP 2			
Probenbezeich.	:	582/7121	Untersuch.-zeitraum	:	12.07.2024 – 24.07.2024

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion

Parameter	Einheit	Messwert		Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe				DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	100,0		DIN EN 14346 : 2007-03
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04		
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Fluoren	[mg/kg TS]	0,09		
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,82		
Anthracen	[mg/kg TS]	0,7		
Fluoranthen	[mg/kg TS]	0,41		
Pyren	[mg/kg TS]	0,26		
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,09		
Chrysen	[mg/kg TS]	0,06		
Benzo(b)fluoranthen	[mg/kg TS]	0,12		
Benzo(k)fluoranthen	[mg/kg TS]	0,11		
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04		
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04		
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,11		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04		
Σ PAK (EPA Liste):	**[mg/kg TS]**	**2,77**		DIN ISO 18287 :2006-05

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 24.07.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift
Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele
(Laborleiter)

BVU

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH

Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach
Tel. 08392/921-0
Fax 08392/921-30
bvu@bvu-analytik.de

BVU GmbH · Gewerbestraße 10 · 87733 Markt Rettenbach

pgu ingenieurgesellschaft mbH

Straßburgstraße 28

97424 Schweinfurt

Analysenbericht Nr.	**582/7122**	**Datum:**	**24.07.2024**

1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber	:	pgu ingenieurgesellschaft mbH			
Projekt	:	Henneberg Grundschule - KG/Baugrund			
Projekt-Nr.	:	240362-01	Kostenstelle	:	
Entnahmestelle	:		Art der Probenahme	:	
Art der Probe	:	Material	Probenehmer	:	pgu - Thomas Lüftner
Entnahmedatum	:	17.06.2024	Probeneingang	:	12.07.2024
Originalbezeich.	:	MP 3			
Probenbezeich.	:	582/7122	Untersuch.-zeitraum	:	12.07.2024 – 24.07.2024

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion

Parameter	**Einheit**	**Messwert**		**Methode**
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe				DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	100,0		DIN EN 14346 : 2007-03
Naphthalin	[mg/kg TS]	0,98		
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	0,57		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	1,3		
Fluoren	[mg/kg TS]	1,9		
Phenanthren	[mg/kg TS]	4,7		
Anthracen	[mg/kg TS]	1,6		
Fluoranthen	[mg/kg TS]	4,9		
Pyren	[mg/kg TS]	7,2		
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	4,3		
Chrysen	[mg/kg TS]	3,7		
Benzo(b)fluoranthen	[mg/kg TS]	4,7		
Benzo(k)fluoranthen	[mg/kg TS]	4		
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	2,5		
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	0,52		
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	1,1		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	1,7		
Σ PAK (EPA Liste):	**[mg/kg TS]**	**45,7**		DIN ISO 18287 :2006-05

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 24.07.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift
Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele
(Laborleiter)

BVU

Bioverfahrenstechnik und
Umweltanalytik GmbH

Gewerbestraße 10
87733 Markt Rettenbach
Tel. 08392/921-0
Fax 08392/921-30
bvu@bvu-analytik.de

BVU GmbH · Gewerbestraße 10 · 87733 Markt Rettenbach

pgu ingenieurgesellschaft mbH
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt

Analysenbericht Nr.	582/7121	Datum:	31.07.2024

Allgemeine Angaben

Auftraggeber	:	pgu ingenieurgesellschaft mbH			
Projekt	:	Henneberg Grundschule - KG/Baugrund			
Projekt-Nr.	:	240362-01			
Entnahmestelle	:		Art der Probenahme	:	
Art der Probe	:	Material	Probenehmer	:	pgu - Thomas Lüftner
Entnahmedatum	:	17.06.2024	Probeneingang	:	12.07.2024
Originalbezeich.	:	MP 2	Probenbezeich.	:	582/7121
Untersuch.-zeitraum	:	12.07.2024 – 31.07.2024			

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert		Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe				DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	100,0		DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	10		EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	26		EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,3		EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	10		EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	30		EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	7,8		EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,08		DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4		EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	136		EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser				EN 13657 :2003-01

Markt Rettenbach, den 31.07.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift
Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele
(Laborleiter)